



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**



ALCIONE SANTOS DE SOUZA

**“ FRACIONAMENTO E ESTOQUE DA MATERIA ORGANICA EM DIFERENTES
SISTEMAS DE MANEJO NO SOLO NO MUNICIPIO DE IGARAPÉ-AÇU,
NORDESTE DO PARÁ.”**

**BELÉM – PA
2012**

ALCIONE SANTOS DE SOUZA

**“ FRACIONAMENTO E ESTOQUE DA MATERIA ORGANICA EM
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO SOLO NO MUNICIPIO DE IGARAPÉ-
AÇU, NORDESTE DO PARÁ.”**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito para obtenção título de Doutor em Ciências Agrárias, concentração em Agroecossistemas sustentáveis da Amazônia, Linha de pesquisa em Sistemas Pecuários e Agroflorestais.

Orientador: Dr. Osvaldo Ryohei Kato.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) –

Souza, Alcione Santos de

“Fracionamento e estoque da matéria orgânica em diferentes sistemas de manejo no solo no município de Igarapé- Açu, Nordeste do Pará.”/ Alcione Santos de Souza; Orientador, Dr. Osvaldo Ryohei Kato. – Belém, Pará, 2012.

113f.

Alcione Santos de Souza– Belém, 2012.

f.:il.

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias/Agroecossistemas da Amazônia) - Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA – Amazônia Oriental, 2012.

1. Manejo da Capoeira. 2. Ciclagem de Nutrientes. 3. Estoque de Carbono. 4. Amazônia.

1. Título

CDD:

ALCIONE SANTOS DE SOUZA

**“ FRACIONAMENTO E ESTOQUE DA MATERIA ORGANICA EM
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO SOLO NO MUNICIPIO DE IGARAPÉ-
AÇU, NORDESTE DO PARÁ.”**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito para obtenção título de Doutor em Ciências Agrárias, concentração em Agroecossistemas sustentáveis da Amazônia, Linha de pesquisa em Sistemas Pecuários e Agroflorestais.

Aprovado em 30 de agosto de 2012.

BANCA EXAMINADORA

Dr.Osvaldo Ryohei Kato – Orientador
EMBRAPA

Dra. Gladys Ferreira de Sousa- 1º Examinadora
INICIATIVA AMAZÔNICA

Dra. Célia Maria Braga Calandrini de Azevedo 2 ° Examinadora
EMBRAPA

Dra. Maria Marly de Lourdes Silva Santos - 3º Examinadora
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Dr. Francisco de Assis Oliveira - 4º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

AGRADECIMENTOS

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

A pesquisadora da Embrapa Amazônia oriental In Memoriam Grande Pesquisador, Pai e verdadeiro Amigo Dr. Tarcisio Ewerton.

À meu orientador Osvaldo Kato Oyhei pela paciência e orientação, confiança e conselhos.

As minhas irmãs Adriana Maria Santos de Souza, Adjanny Estela Santos de Souza e Alcilene Santos de Souza, também pelo apoio e força nesta caminhada;

Aos professores, Cordeiro, Jorge Yared, Milton Motta, Manoela, Izildinha, Osvaldo Kato, pelos ensinamentos repassados durante as disciplinas ministradas na Pós-graduação;

Aos meus colegas e amigos da pós-graduação,

A Universidade Federal rural da Amazônia-UFRA e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, com todo seu corpo docente e funcionários;

Ao coordenador, Secretária e técnicos do laboratório de química de solo da Embrapa Amazônia oriental, pelo apoio.

Ao técnico do laboratório de solo do Museu Emilio Goeldi, seu Paulo Sarmento, pelo apoio nas horas que precisei.

A Secretaria Executiva do Estado do Pará (SEDUC) pelo apoio financeiro que foi muito útil nesses anos de estudo e pesquisa e direito de Licença Curso.

A secretaria do doutorado em Ciências Agrárias Shirley, atenção e dedicação em sua função, sempre ajudando quando solicitada.

E a todas as pessoas que participaram ou contribuíram para esse trabalho, mas que não foram citados, meu muito obrigado, e que Deus abençoe a todos.

Deixo meu muito obrigada a todos aqueles que não foram mencionados, mas que, de uma forma ou outra, estiverem presentes nesta etapa importante, torcendo pela concretização desta proposta e, acima de tudo, acreditando em mim.

E a todos aqueles que acreditaram em mim, meu muito obrigado!!!

DEDICATÓRIA

Inicialmente Dedico,

Ao meu filho Tiago razão da minha vida

Ao meu esposo Luis Freitas pelo amor, dedicação e contribuição.

A minha família, que com amor, compreensão e companheirismo me apoiou e me ajudou para que eu me sentisse confiante para superar momentos difíceis.

Ao Doutor e amigo Dr. Pesquisador /Embrapa-Tarcisio Ewerton Rodrigues (In memoriam).

ALCIONE SANTOS DE SOUZA

Existem plantios e época de plantar sonhos para colher realizações!

Micael de Aguiar Marsiglio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de localização dos pontos de coleta de amostras de solo	62
Figura 2 - Teores de Carbono.....	70
Figura 3 - Teores de Nitrogênio.....	73
Figura 4 - Estoque de Carbono	75
Figura 5 - Densidade do Solo	77
Figura 6 - Localização da área experimental - Igarapé-Açú	88
Figura 7 - Carbono total na fração mol leve (g.kg-1).....	91
Figura 8 - Carbono na fração leve oclusa (g.kg-1).....	93
Figura 9 - Estoque de Carbono na fração mol leve (Mg.ha-1)	94
Figura 10 - Estoque de carbono na fração leve oclusa (Mg.ha-1)	95
Figura 11 - Carbono orgânico na fração areia (g.kg-1)	104
Figura 12 - Carbono total na fração silte+ argila (g.kg-1).....	106
Figura 13 - Estoque de carbono total na fração areia (Mg.ha-1)	108
Figura 14 - Estoque de carbono na fração silte+ argila (Mg.ha-1)	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos físico-químicos do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo	63
Tabela 2 - Composição florística de espécies mais abundantes, levantadas em florestas secundárias do nordeste do Pará.	64
Tabela 3 - Histórico de Áreas de Estudo Experimento Cumaru/Capoeira 14 anos	66
Tabela 4 - Experimento UFRA	67
Tabela 5 - SAF 1 e SAF 2	68
Tabela 6 - Sistema de Uso e Manejo da Área.....	68

RESUMO

O conhecimento dos estoques de C e de sua dinâmica no solo em sistemas de uso da terra é importante no desenvolvimento de tecnologias para estabelecer sistemas sustentáveis, bem como para analisar o papel do solo como fonte ou depósito do C-CO₂ da atmosfera. O fracionamento físico da matéria orgânica é indicado para identificar, em curto prazo, processos que estejam causando degradação dos solos. O objetivo geral do trabalho foi avaliar os teores de carbono e nitrogênio e quantificar o estoque de carbono total do solo e os associados às frações densimétricas e granulométricas da matéria orgânica do solo. O estudo foi realizado na Amazônia Oriental, Nordeste do Pará, no município de Igarapé-Açu, o solo é classificado como Latossolo Amarelo, áreas experimentais situam-se nas comunidades de Cumarú (Travessa Cumarú), Nova Olinda (em propriedades de pequenos produtores rurais) e UFRA- FEIGA. Os sistemas de uso da terra testados são T1 CC(Cumarú Capoeira), T2 CSQT (Cumarú sem queima triturado), T3 CQ (Cumarú queima), T4 UFC (UFRA Capoeira), T5 UFSQT (UFRA sem queima triturado), T6UFQ (UFRA queima), SAF 1 CT (SAF Capoeira Plantio), SAF 1 PT(SAF plantio triturado), SAF 2 C (SAF Capoeira) SAF 2 QP(SAF queimado e plantio). Foram coletadas amostras de solos nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Foram separadas as frações densimétricas (leve livre e leve oclusa) e granulométricas (areia e silte+argila) para a determinação de teores de carbono por combustão em analisador elementar LECO CHN-S TRUSTEC. As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância, comparadas pelo teste de Scott NK. Para a obtenção dos resultados utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2007). Foi verificado entre os sistemas que quanto menor o teor de carbono, menor será a qualidade do solo, maior o risco de erosão e perda de nutrientes. Daí a importância de se criar um sistema que consiga elevar o teor de carbono desses solos, ou empregar um sistema de uso terra que não diminua os teores de carbono do solo. A fração leve livre concentrou mais carbono na superfície. A contribuição da fração silte +argila se destacou na concentração e estoque de carbono total.

PALAVRAS-CHAVE: Amazônia. Ciclagem de Nutrientes. Estoque de Carbono. Manejo da Capoeira.

ABSTRACT

Knowledge of C stocks and their soil dynamics in land use systems is important in the development of technologies to establish sustainable systems, as well as to analyze the role of soil as a source or deposit of C-CO₂ in the atmosphere. The physical fractionation of organic matter is indicated to identify, in the short term, processes that are causing soil degradation. The objective of this work was to evaluate the carbon and nitrogen contents and to quantify the total carbon stock of the soil and those associated to the densimetric and granulometric fractions of organic matter in the soil. The soil was classified as Yellow Latosol, experimental areas located in the communities of Cumaru (Crossbeam Cumaru), Nova Olinda (on the properties of small rural producers). The study was carried out in Eastern Amazonia, Northeast of Pará, in the municipality of Igarapé-Açu.) and UFRA-FEIGA. The land use systems tested are T1 CC (Cumaru Capoeira), T2 CSQT (Cumaru without crushed burning), T3 CQ (Cumaru burning), T4 UFC (UFRA Capoeira), T5 UFSQT (UFRA without crushed burning), T6UFQ SAF 1 C (SAF Capoeira Plantio), SAF 1 PT (SAF planted crushed), SAF 2 C (SAF Capoeira) SAF 2 QP (SAF burned and planted). Soil samples were collected at depths 0-5, 5-10 and 10-20 cm. The density (free and light occluded) and particle size (sand and silt + clay) fractions were determined for the determination of carbon contents by combustion in the LECO CHN-S TRUSTEC elemental analyzer. The studied variables were submitted to analysis of variance, compared by the Scott NK test. To obtain the results, the statistical program SISVAR (FERREIRA, 2007) was used. It was verified among the systems that the lower the carbon content, the lower the soil quality, the greater the risk of erosion and the loss of nutrients. Hence the importance of creating a system that can raise the carbon content of these soils, or use a system of land use that does not decrease the carbon content of the soil. The free light fraction concentrated more carbon on the surface. The contribution of the silt + clay fraction was highlighted in the concentration and total carbon stock.

KEYWORDS: Amazon. Nutrient cycling. Carbon Stock. Management of Capoeira.

SUMÁRIO

1.CONTEXTUALIZAÇÃO	14
REFERÊNCIAS	18
2.REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1 A agricultura itinerante	22
2.2 Vegetação Secundária	24
2.3 Sistemas Agroflorestais	25
2.4 Fracionamento da Matéria Orgânica	28
2.4.1 Métodos de fracionamento e caracterização da MOS	28
2.5 Uso do solo e estoque de carbono	33
2.6 Matéria orgânica e qualidade do solo	36
2.7 Efeito do manejo sobre as frações físicas da matéria orgânica do solo	42
REFERÊNCIAS	45
3. TEOR E ESTOQUE DE CARBONO E NITROGÊNIO EM SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NA AMAZONIA ORIENTAL.....	57
RESUMO.....	57
3.1 Introdução	58
3.2 Material e métodos	61
3.2.1 Caracterização das Áreas de estudo	61
3.2.2 Geologia e Relevo	65
3.2.3 Coleta das amostras de solo.....	69
3.2.4 Estoque de C no solo	69
3.3 Resultados e Discussão	70
3.3.1 Teores de Carbono e Nitrogênio nos solos dos diferentes	70
3.3.2 Estoque de carbono.....	74
3.3.3 Densidade do solo.....	77
3.4 Conclusões	78
REFERÊNCIAS	79
4 ESTOQUE DE CARBONO EM FRAÇÕES DENSIMÉTRICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO NA AMAZONIA ORIENTAL.....	84
RESUMO.....	84
4.1 Introdução	85
4.2 Material e Métodos	87
4.2.1 Áreas de estudo	87
4.2.2 Mapa Localização.....	87
4.2.3 Histórico das áreas de estudo	88
4.2.4 Sistema de uso e Manejo da área.....	89
4.2.5 Coleta das amostras de solo.....	89
4.2.6 Estoque de C no solo	90
4.2.7 Fracionamento físico	90
4.3 Resultados e Discussão	91
4.3.1 Teor e estoque de carbono em frações densimétricas da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de uso da terra.	91
4.4 Conclusões	96

REFERÊNCIAS	96
5. ESTOQUE DE CARBONO EM FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO NA AMAZONIA ORIENTAL.....	99
5.1 Introdução	100
5.2 Material e Métodos.....	102
5.2.1 Caracterização das Áreas de estudo	102
5.2.2 Coleta das amostras de solo.....	102
5.2.3 Estoque de C no solo	103
5.2.4 Fracionamento Granulométrico.....	103
5.3 Resultados e Discussão	104
5.3.1 Teor de carbono em frações granulométricas em diferentes sistemas de uso da terra.....	104
5.4 Conclusões	110
REFERÊNCIAS	110

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Na Amazônia brasileira estima-se que mais de 50 milhões de hectares do que era floresta tropical está convertida em outros usos ou são vegetações secundárias em vários estágios de desenvolvimento, incluindo florestas secundárias e florestas degradadas. Grande parte desta redução foi devida ao aumento da demanda por produtos florestais, aliada a constante conversão dos ecossistemas primários em outras formas de uso da terra (FEARNSIDE, 2005; OIMT, 2002).

No processo de mudança no uso da terra e conversão da vegetação natural em áreas agrícolas e florestais, verifica-se, em geral, nessa região, são fatores importantes de alterações da ciclagem biogeoquímica, isto é, uma rápida perda de carbono orgânico do solo, em decorrência da combinação entre calor e umidade, facilita a decomposição da matéria orgânica. Por outro lado, o constante revolvimento do solo contribui para acelerar a oxidação do carbono orgânico¹ (CASTRO FILHO et al., 1991).

As consequências são a intensificação do efeito estufa sobre os diversos processos naturais, principalmente pelas emissões dos gases de dióxido de carbono para a atmosfera, armazenamento e dinâmica da matéria orgânica em diferentes sistemas de uso e manejo do solo, o que abre um precedente para o elevado potencial dos solos agrícolas em atuarem não apenas como fonte, mais também como sumidouro de CO₂ atmosférico. Essa remoção da floresta para fins agrícolas causa uma quebra nos ciclos do carbono e dos nutrientes, os quais operam graças à entrada fotossintética do gás carbônico e à decomposição acelerada e contínua da matéria orgânica do solo (MO), realizada pelos microorganismos (MALAVOLTA, 1987).

Assim, o carbono do solo tem uma importância ambiental, já que o seu sequestro em ambientes terrestres vem sendo apontado como uma alternativa mitigadora das mudanças climáticas, sendo contemplada em acordos internacionais como o Protocolo de Kyoto.

Segundo MACHADO (2005) & LAL et al (2011) apresentam os principais processos responsáveis pelo sequestro de carbono são a humificação, agregação e sedimentação. A agregação do solo vem sendo enfatizada como um dos fatores mais importantes para o sequestro de carbono no solo. Em contra partida, os processos responsáveis pela perda de carbono no solo são a erosão, decomposição, volatilização e lixiviação, no entanto, a magnitude desses processos é influenciada pelas condições climáticas locais.

¹ A respeito do Carbono orgânico, estudos a respeito do carbono orgânico do solo verifica-se que para Freitas et al (2000) indicam em suas pesquisas que sob diferentes sistemas fornecem subsídios importantes para a avaliação da qualidade do solo. Existe interesse cada vez maior na identificação dos sistemas de manejo de culturas e pastagens que promovam a melhoria do estoque de carbono no solo.

De acordo com Cerri (2008) adverte que os estoques de carbono do solo são controlados por uma variedade de fatores climáticos e biogeoquímicos e são diretamente influenciados por mudanças no uso e ocupação da terra, em particular pela conversão de ecossistemas nativos em áreas cultivadas para agricultura e pecuária.

O conhecimento dos estoques de C e de sua dinâmica no solo em sistemas de uso da terra, é importante no desenvolvimento de tecnologias para estabelecer sistemas sustentáveis, bem como para analisar o papel do solo como fonte ou depósito do C-CO₂ da atmosfera. O fracionamento físico da matéria orgânica é indicado para identificar, em curto prazo, processos que estejam causando degradação dos solos (ELLIOTT & CAMBARDELLA, 1991; GOLCHIN et al., 1997).

Para Feller & Beare (1997) apresentam que em decorrência dos problemas de emissão de gases (CO₂, N₂O, CH₄ e CFC) e do conseqüente efeito estufa, tem sido muito grande o interesse no estudo do comportamento dos solos quanto à sua capacidade de armazenar ou perder C, nas diversas condições de manejo existentes.

Em Christensen (2000)“os diversos tipos de fracionamento da matéria orgânica tentam reduzir essa heterogeneidade, procurando separar frações homogêneas quanto à natureza, dinâmica e função, mas ao mesmo tempo suficientemente diferentes umas das outras”. Sendo assim, o fracionamento físico possibilita relacionar cada compartimento com as suas funções dentro do sistema.²

No Estado do Pará, assim como em vários locais do Brasil, o sistema de corte e queima é um procedimento básico da agricultura tradicional; este é, em parte, responsável pela agricultura migratória ainda existente na região e pelo surgimento de extensas áreas de florestas secundárias. O Estado do Pará possui a maior área absoluta de floresta secundária da Amazônia, sendo que as maiores extensões estão na microrregião Bragantina, onde as florestas secundárias ocupam 53% da região; esta é predominantemente ocupada por pequenos produtores (GOMES, 2007; FERREIRA, 2008).

A região Bragantina, localizada no Nordeste Paraense, é caracterizada pelo predomínio de florestas secundárias e pela degradação crescente e descontrolada que vem ocorrendo há mais de um século, gerando a fragmentação das florestas de terra firme. Nesse processo, a vegetação contínua é dividida em fragmentos de tamanho, forma e idades variadas, e são ladeados por plantações, pastagens e capoeiras em diferentes níveis de regeneração, gerando verdadeiros mosaicos na paisagem (VIEIRA et al., 2007).

O município de Igarapé-Açu que se situa ao leste de Belém, na Zona Bragantina, pertencente à região nordeste do Pará fronteira agrária mais antiga da Amazônia, estabelecida cem anos atrás com a construção da ferrovia de Belém a Bragança. Neste município, a

² De acordo com a compreensão sobre o fracionamento físico, para Gregorich & Ellert (1993) a matéria orgânica participa da maioria dos processos que ocorrem no solo. A caracterização dos compartimentos da Matéria orgânica e a definição das suas funções no sistema possibilitam melhorar o entendimento da dinâmica de liberação dos nutrientes e da formação e estabilidade dos agregados do solo.

agricultura familiar, como em toda região amazônica, baseia-se no sistema de derruba e queima da capoeira (vegetação secundária) para o preparo das áreas a serem cultivadas. Segundo Kato et al, (1999) os produtores cultivam a área durante dois anos em média, então a área entra novamente em pousio para posterior crescimento e regeneração da capoeira.

O preparo tradicional de áreas com capoeira na agricultura brasileira envolve derruba e queima da vegetação. Esta prática busca suprir as necessidades nutricionais das culturas com os nutrientes acumulados na vegetação secundária (capoeira), que cresce no período de pousio entre os cultivos. A prática interrompe a reciclagem e os nutrientes que seriam adicionados gradativamente ao solo, pela decomposição da matéria orgânica, passam a ficar disponíveis de uma só vez, nas cinzas sobre a superfície do solo.

Apesar dos benefícios, a prática da derruba e queima apresenta sustentabilidade comprometida, por causa da baixa fertilidade do solo, associada às perdas de nutrientes, à redução do período de pousio e à mecanização. Na realidade, a agricultura de derruba e queima torna-se insustentável na medida em que são feitas repetidas queimadas, o que reduz o tempo de pousio entre os cultivos. A queima da vegetação propicia a perda de nutrientes retidos na biomassa, comprometendo a sustentabilidade do sistema de produção. (DENICH et al., 1999; KANASHIRO e DENICH, 1998)

Dessa forma, Kato et al (1999) destaca que a Embrapa desenvolveu na região, em parceria com as universidades alemãs de Göttingen e de Bonn, o sistema alternativo de corte e trituração da vegetação secundária através do projeto de cooperação Brasil-Alemanha SHIFT (Studies of Human Impacts on Forest and Floodplains in the Tropics) atualmente conhecido como Projeto Tipitamba. Essa tecnologia de preparo de área substituiu a prática de derruba e queima pelo corte e trituração da capoeira.

Na verdade, essa tecnologia consiste no corte da capoeira, a aproximadamente 5 cm do solo, e na sua trituração, espalhando o material sobre o solo, permitindo a formação de cobertura morta rica em nutrientes, que fortalece e preserva o solo para a realização do plantio das culturas. No sistema de trituração a vegetação secundária (capoeira) é cortada e triturada por um trator adaptado (TRITUCAP).

Para Sommer et al.(2004) o material triturado é deixado como cobertura sobre o solo, contribuindo para manter a capacidade de armazenamento de água, diminuir a erosão, evitar a perda de nutrientes pela queima, criar um ambiente favorável para desenvolvimento de microrganismos envolvidos na ciclagem de nutrientes, e permitir à intensificação do ciclo de cultivo.

Uma das alternativas adotadas para aproveitamento das extensas áreas de florestas secundárias de forma viável e sustentável na região Amazônica tem sido a utilização de sistemas agroflorestais (SAFs). Segundo Nair (2008) os Sistemas agroflorestais são definidos

como sistemas que promovem benefícios sociais e ambientais, oriundos das interações ecológicas mais complexas desses sistemas e da variedade de produtos e serviços prestados por esses sistemas.

Segundo Lima et al (2011) apresentam que a implantação de SAFs vem sendo direcionada para várias regiões, dentre as quais a Amazônica, onde os modelos tradicionais de exploração e desmatamentos seguidos pela atividade agropecuária já exportaram muitos nutrientes. Esses sistemas tornam-se uma importante alternativa para a geração de produtos agrícolas, enquanto proporcionam a recuperação do ambiente, melhorando os atributos do solo e, conseqüentemente, a vegetação nele existente.

A utilização dos SAFs para Lima et al (2007) tem sido considerada como “alternativa de otimização do uso da terra por conciliar a produção florestal com a de alimentos, conservando o solo, diminuindo o impacto causado por práticas agrícolas e favorecendo a ciclagem dos nutrientes por meio do maior aporte de serrapilheira”.

Na Amazônia, os SAF estão sendo amplamente estudados e difundidos com ênfase na agricultura familiar. Estes sistemas permitem a recuperação de áreas degradadas, a produção de cultivos diversificados (alimentares e biocombustíveis) e a geração de serviços ambientais (infiltração d'água, aumento da matéria orgânica, elevação da biodiversidade), constituindo-se ainda como importantes sistemas de fixação de C. Além disso, sua utilização tem sido considerada com alternativa de otimização do uso da terra, por conciliar a produção florestal à de alimentos, conservando o solo, diminuindo o impacto causado por práticas agrícolas e favorecendo a ciclagem dos nutrientes por meio do maior aporte de serrapilheira (LUIZAO Et AL., 2006; (KITAMURA E RODRIGUES, 2000; KATO ET AL., 2006).

Sendo assim, este trabalho tem o propósito de responder às indagações:

- Saber quais os sistemas de preparo de área estocam mais carbono no solo e por quê?
- Das frações da matéria orgânica quais as mais suscetíveis às mudanças de manejo e uso do solo?

Por conseguinte, esta pesquisa foi desenvolvida dentro do contexto do Projeto Tipitamba (Manejo da capoeira na agricultura da Amazônia sem o uso do fogo), em sistemas de corte e queima, capoeira trituração e áreas de sistemas agroflorestais. Nesse trabalho elegemos como hipóteses o seguinte: O estoque de carbono em áreas de capoeira são maiores que áreas de queima; os sistemas agroflorestais estocam mais carbono que as áreas que sofreram queima.

A relevância da pesquisa consiste que o entendimento dos compartimentos do carbono é fundamental para adoção de manejos adequados. Os sistemas de manejo e uso dos solos amazônicos têm que promover o aumento e a manutenção dos estoques de carbono e nitrogênio no solo e contribuir para sustentabilidade ambiental dos ecossistemas.

O objetivo geral do trabalho foi quantificar o estoque de nitrogênio total e de carbono total e os associados (carbono) às frações densimétricas e granulométricas da matéria orgânica do solo na Amazônia Oriental.

O trabalho foi distribuído em cinco capítulos. O primeiro capítulo: **Revisão de Literatura**; O segundo capítulo: **Teor e estoque de carbono e nitrogênio em solo sob diferentes sistemas de manejo na Amazônia Oriental**; O terceiro capítulo: **Estoque de carbono em frações densimétricas da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de manejo e uso do solo no nordeste do Pará**; O quarto capítulo: **Estoque de Carbono em Frações Densimétricas da Matéria Orgânica do Solo em Diferentes Sistemas de Uso na Amazonia Oriental**; e O quinto capítulo: **Estoque de Carbono em Frações Granulométricas da Matéria Orgânica do Solo sob Diferentes Sistemas de Uso na Amazonia Oriental**. (Grifo nosso)

Os objetivos específicos são: Avaliar os teores e estoques de carbono e nitrogênio nos diferentes sistemas manejo e uso do solo na Amazônia Oriental; Avaliar e quantificar o estoque de carbono das frações densimétricas da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas manejo e uso do solo na Amazônia Oriental; Avaliar e quantificar o estoque de carbono em frações granulométricas da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de manejo e uso do solo na Amazônia Oriental.

Agroecologia – enquanto disciplina científica ou ciência – com uma prática ou tecnologia agrícola, um sistema de produção ou um estilo de agricultura. Preocupa-se com a otimização do agroecossistema como um todo, o que implica maior ênfase no conhecimento, análise e interpretação das complexas interações existentes entre as pessoas, os cultivos, os solos e os animais (ALTIERI, 1989; ALTIERI, 2000).

Desta forma, para Nair (1990) preconiza agroflorestas como um tipo de uso da terra que envolve a manutenção, a introdução ou a mistura de árvores, ou outros cultivos perenes, em sistemas de produção de culturas/animais, gerando benefícios resultantes de interações econômicas e ecológicas entre esses componentes.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa**. 2. ed. Rio de Janeiro: PTA- FASE, 1989. 240 p

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. 114 p. (Síntese universitária, 54).

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.; BRUM, A.C.R. **Potencial de culturas cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.189-197, 2001.

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

CERRI, C. E. P.; EASTER, M., K. P.; KILLIAN, K.; C., K.; BERNOUX, M.; FALLOON, P.; POWLSON, D. S.; BATJES, N.; MILNE, E; CERRI, C. C. S. **Changes in 11 land use change chronosequences from the Brazilian Amazon with RothC and Century models. Agriculture, Ecosystems & Environment**, 122, 2007. 46-57 p.

CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.; CERRI, C.C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo na Amazônia**. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. rev. atual. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 325-358 p.

CHRISTENSEN, B.T. **Organic matter in soil: structure, function and turnover**. Tjele: Plant Production, 2000.

DENICH, M.; KANASHIRO, M.; VLEK, P.L.G. **The potential and dynamics of carbon sequestration in traditional and modified fallow systems of the Eastern Amazon region, Brazil**. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART, B.A. (Ed.) **Global climate change and tropical ecosystems**. Boca Raton: CRC, 1999. p.213-229.

ELLIOTT, E. T.; CAMBARDELLA, C. A. **Physical separation of soil organic matter. Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.34, p.407-419, 1991.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412p.

FEARNSIDE, P.M. **Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências. Megadiversidade**, v. 1, n. 1, 114-123, 2005.

FELLER, C.; BEARE, M. H. **Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. Geoderma**, v.79, p.69-116, 1997.

FERREIRA, M. S. **Bacurizeiro (Platonia insignis Mart.) em florestas secundárias: possibilidades para o desenvolvimento sustentável no Nordeste Paraense**. 253f. 2008. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Brasília/UNB, 2008.

FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY, M.; FELLER, C. **Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 157-170, jan. 2000.98.

GOLCHIN, A.; CLARKE, P.; BALDOCK, J.; HIGASHI, T.; SKJEMSTAD, J.; OADES, J. **The effects of vegetation burning on the chemical composition of soil organic matter in a volcanic ash soil as shown by ¹³C NMR spectroscopy. II. Density fractions. Geoderma**, v.76, p.155-174, 1997.

GOMES DMA. **Cadeia de Comercialização de Produtos de Floresta Secundária dos Municípios de Bragança, Capitão Poço e Garrafão do Norte – Pará.** [dissertação]. Belém: Universidade Federal do Pará; 2007.

GOYTACAZES: UENF, 2006, p.87-98.

GREGORICH, E. G.; ELLERT, B. H. **Light fraction and macroorganic matter in mineral soils.** In: CARTER, M. R. (Ed.). **Soil sampling and methods of analysis.** Boca Raton: Lewis, 1993. p. 397- 407.

KANASHIRO, M.; DENICH, M. **Possibilidades de utilização e manejo adequado de áreas alteradas e abandonadas na Amazônia brasileira.** Brasília, DF: MCT/CNPq, 1998, 157p.

KATO, M. S. A.; KATO, O. R.; DENICH, M.; VLEK, P. L. G. **Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the eastern Amazon region: the role of fertilizers.** *Field Crops Research*, v. 62, p. 225–237, 1999.

KATO, M.S.A.; CARVALHO, C.J.R.; FIGUEIREDO, R.O.; CAMARÃO, A.P.; SÁ, T.D.A. ; DENICH, M. & VIELHAUER, K. **Uso de Agroflorestas no Manejo de Florestas Secundárias.** IN: **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável.** Campos dos Goyatacazes, RJ : Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006.p. 119- 138.

LAL, M. **Implications of climate change in sustained agricultural productivity in South Asia.** *Regional Environmental Change*, 11, 2011. 79-94 p.

LIMA, S.S.; LEITE, L.F.C.; OLIVEIRA, F.C.; CASTRO, A.A.J.F.; COSTA, D.B.; GUALTER, R.M.R. **Teores de nutrientes da serapilheira e do solo sob sistema agroflorestal em área de transição no norte do Piauí.** *Revista Brasileira de Agroecologia*. 2007.

LIMA, S.S.; LEITE, L.F.C.; OLIVEIRA, F.C.; COSTA, D.B. **Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em argissolo vermelho-amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí.** *Revista Árvore* 2011; 35(1): 51-60.

LUIZÃO, F.J.; TAPIA-CORAL,S.; GALLARDO-ORDINOLA, J.; SILVA, G. C.; LUIZÃO, R.C.C.; TRUJILLO-CABRERA, L.;WANDELLI, E.; FERNANDES, E. C. M. **Ciclos biogeoquímicos em agroflorestas na Amazônia.** IN: CBSAF.VI. 2006.

MACHADO, P.L.O.A. **Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global.** *Química Nova*, v. 28, n. 2, 329-334, 2005.

MALAVOLTA, E. **Fertilidade dos solos da Amazônia.** In: VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.C. (Ed.). **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. p.374-416.

NAIR, P. K. R. **The prospect for agroforestry in the tropics.** Washington: Word Bank, 1990.

NAIR, P. K. R. **Agroecosystem management in the 21st century: it is time for a paradigm shift.** Journal of Tropical Agriculture, v.46, p.1-12, 2008.

OIMT. **Diretrizes de la OIMT para la restauración, ordenación y rehabilitación de los bosques tropicales secundários y degradados.** 2002. 89p. (Série de Políticas Forestales, n. 13). WWW/http://Imazon.org.br Acessado em 04/05 de 2011.

SOMMER, R.; VLEK, P. L. G.; SÁ, T. D. D.; VIELHAUER, K.; COELHO, R. D. R.; FOLSTER, H. **Nutrient balance of shifting cultivation by burning or mulching in the eastern Amazon: evidence for subsoil nutrient accumulation.** Nutrient Cycling in groecosystems, v.68, n.3, p.257-271, 2004.

VIEIRA, C.G. TOLEDO, P.M.; ALMEIDA, A. **Análise das modificações da paisagem da região bragantina, no Pará, integrando diferentes escalas de tempo.** Ciência e Cultura 2007; 59(3): 27-30.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A agricultura itinerante

A agricultura de corte e queima é, provavelmente, o sistema de cultivo mais antigo do mundo praticado desde o Neolítico, quando as populações humanas foram substituindo pouco a pouco os hábitos caçador-coletores pelo sedentarismo proporcionado pelas atividades agropastoris. Antes do advento da agricultura, porém, o fogo de origem antropogênica pode ter contribuído indiretamente para mudanças nos ecossistemas florestais e no clima. (SCHÜLE, 1990a, b, 1992a; IVERSEN, 1956; HARRIS, 1972; DEAN, 1996; NYE; GREENLAND, 1960).

Desta forma, a agricultura de corte e queima é praticada há milhares de anos nas áreas florestadas do planeta, principalmente nas regiões tropicais. Sua prática envolve uma gama de técnicas que denotam seu caráter diversificado e itinerante, aproveitando o capital energético da floresta em recomposição. Muitos estudos atestam a sustentabilidade desses sistemas quando praticados tradicionalmente e sob baixas densidades populacionais, mantendo, ou mesmo, promovendo a biodiversidade local e garantindo a subsistência de muitas populações pobres rurais.

No entanto, é crescente na literatura acadêmica e no debate político o papel que a agricultura de corte e queima vem desempenhando no desmatamento e demais impactos ambientais e socioeconômicos. Esse processo é consequência das mudanças no uso do solo, da intensificação agrícola e do aumento demográfico que, estão alterando as práticas e comprometendo a sustentabilidade desses sistemas agrícolas tradicionais.

Segundo Nepstad et al. (1999) a agricultura tradicional, itinerante ou de corte e queima é uma prática agrícola importante que contribui para a alteração da cobertura vegetal da Amazônia. Este sistema agrícola é baseado no cultivo itinerante e se inicia com o corte raso da vegetação, precedido pela queima da vegetação, com a intenção de limpar a área e aumentar a fertilidade do solo, sendo, em seguida, implantado um ciclo de cultivo agrícola, que é finalizado pelo abandono da área, após poucos anos de uso, e a migração para outra faixa de floresta.

Para UHL (1987) a agricultura de derruba-queima, em áreas da floresta amazônica, afeta a composição das espécies e conseqüentemente a densidade, estrutura e biomassa das florestas secundárias, mas também é considerada para Smith et al. (2003) como um sistema capaz de manter áreas florestais importantes na paisagem e economia da região. Em Denich et

al (2004) demonstram que além de oferecer algumas vantagens que tornam a sua utilização bastante difundida, principalmente o baixo custo, a facilidade de implementação e a necessidade de pouca mão-de-obra.

Para Penteado (1967); Filho et al. (1999) demonstram que o sistema de agricultura itinerante de derruba e queima na região Bragantina é uma prática secular. A ocupação da região começou no final do século XIX, sendo intensificada nas primeiras décadas do século XX, com a construção da ferrovia Belém-Bragança. A possibilidade de comercializar produtos agrícolas em centros mais populosos como Belém e Castanhal provocou a substituição da floresta primária por sistemas agrícolas.

Além disso, esse sistema de manejo segundo Jorge & Lima (1986) tem se mostrado totalmente inadequado sob diferentes pontos de vista: economicamente, não tem possibilitado a remuneração adequada da mão de obra utilizada; ecologicamente, apresenta uma degradação acelerada da vegetação secundária após sucessivos cortes e queimadas; e agronomicamente provoca perdas da qualidade do solo pela queima de resíduos vegetais e pela degradação do solo.

Nos estudos de Kato (2000) apresentam que o agricultor familiar que geralmente possui um baixo grau de capitalização e pouco acesso a outra alternativa, o preparo de área para plantio com queima ainda se constitui no instrumento mais eficaz ao seu alcance por ser um processo menos oneroso, que promove a fertilização imediata e gratuita do solo e obtém produções para sua subsistência.

Quando o agricultor realiza a derruba e queima a capoeira o agricultor disponibiliza os nutrientes da vegetação para a fase de cultivo através das cinzas, porém, após um curto período a produção cai vertiginosamente em consequência da redução drástica do estoque de nutrientes, pois parte destes fica exposta sobre a camada superficial do solo e são facilmente removidos e lixiviados pelas águas das chuvas e outra parte é absorvida pelas culturas (KATO et al., 2002a).

Sendo assim, de acordo com Holscher et al. (1997) & Kato et al. (1999) indicam que o fogo³ também possui uma série de efeitos negativos sobre o solo e sobre as propriedades da água como perdas de nutrientes porque durante o processo de queima da vegetação de pousio há diminuição da biomassa acima e abaixo do solo, de nutrientes como nitrogênio, de enxofre, de potássio, de fósforo, de magnésio e de sódio que são perdidos durante a queima. O déficit desses elementos pode ser eliminado pela preparação das áreas fogo, favorecendo um melhor balanço de nutrientes e o aumento da sustentabilidade.

³O uso do fogo pode ocasionar em nível de solo, a redução da matéria orgânica que contribui para formar uma estrutura granular agregada que aumenta a infiltração no solo, além de reduzir os riscos à erosão, estabiliza a temperatura da superfície do solo e ajuda a retardar a evaporação da umidade do solo.

2.2 Vegetação Secundária

Podemos destacar que para Alencar et al. (1996) demonstram que a floresta secundária, regionalmente conhecida como capoeira, é uma vegetação lenhosa que se desenvolve em áreas abandonadas depois que a vegetação original foi destruída por ação antrópica após o desenvolvimento de atividades como a agricultura e pecuária.

No entanto, segundo Vieira (1996) a região nordeste paraense é a área de colonização mais antiga do Estado onde 90 % da cobertura florestal original foram convertidas em vegetação secundária. Estima-se na microregião Bragantina que 53% de sua área total que teve sua floresta nativa removida está coberta por este tipo de vegetação.

De acordo com Fao (1995) as áreas ocupadas por florestas secundárias aumentam em todo mundo, a uma taxa de 6,4% ao ano, sendo que cerca de 40% da conversão das florestas primárias em secundárias ocorre na América Latina.

Na região amazônica as capoeiras podem ser definidas como áreas de crescimento espontâneo de vegetação secundária provenientes do processo de substituição dos ecossistemas florestais naturais por agroecossistemas.

Em Rios et al (2001), Nepstad et al, (1996) e Pereira; Vieira (2001) afirmam que as florestas secundárias desempenham um papel de elevada importância ecológica em termos de crescimento florestal, acúmulo e biomassa, controle de erosão, conservação de nutrientes, benefícios hidrológicos e manutenção da biodiversidade.

Denich (1991) apresenta um papel importante também como fonte de nutrientes para fase de cultivo e tem função de restaurar a fertilidade do solo após o ciclo de cultivo na agricultura de derruba e queima.

Segundo Nobre & Nobre (2002) a vegetação secundária pode prover diversos serviços ambientais como a remoção de carbono atmosférico, que contribui para atenuar a crescente emissão de gases de estufa para a atmosfera. Já para Fearnside (1996) a taxa de remoção de carbono pela acumulação de biomassa é influenciada por fatores como o tipo, intensidade e tempo de uso da terra.

Moran et al.(1994) encontraram uma alta variabilidade espacial nas taxas de crescimento secundário na Amazônia, atribuindo tais variações à ocorrência ou não de queima completa na área convertida, viabilidade do banco de sementes, fertilidade sub-superficial dos solos e grau de inclinação do terreno.

Verificamos que nos estudos de Martins (2005), Juo e Mana (1996) e Szott et al. (1999) afirmam que a vegetação secundária também contribui com a recuperação da

fertilidade do solo em agricultura itinerante, e discutem a importância da vegetação secundária para a ciclagem de nutrientes no processo de agricultura itinerante, permitindo a estabilidade do rendimento agrícola.

Segundo Rodrigues (2006) para a agricultura familiar na Amazônia, a presença da capoeira é de fundamental importância pelas inúmeras funções benéficas que ela proporciona, tais como: acumulação de nutrientes, reciclagem e recuperação de nutrientes de camadas profundas do solo, controle de erosão, supressão de plantas invasoras, suprimento de madeira e lenha e manutenção da biodiversidade.

Para Brown e Lugo (1990) definem vegetação secundária como aquela formada a partir de distúrbios antrópicos na vegetação original. Ela também pode ser definida como vegetação secundária, as áreas onde houve corte raso, e que após o abandono houve regeneração da vegetação.

De acordo com Hölscher et al., (1997 a, b); Sommer et al., (2004) no sistema de pousio, a vegetação secundária (capoeira) se refaz por meio de rebrotas de tocos, raízes e sementes, principalmente aquelas que sobrevivem ao corte e à queimada. Em Denich (1991); Denich et al., (1999); Tippmann (2000); e Sommer (2000) apresentam que as taxas de rotação exigem períodos de pousio longos de modo que a nova vegetação recomposta possa contar, pelo menos parcialmente, com a diversidade florística, a ciclagem de água e nutrientes, proporcionando, ao mesmo tempo, o acúmulo de carbono e nutrientes na sua biomassa, reciclagem e recuperação de nutrientes de camadas profundas do solo.

Segundo os autores Hoang Fagerstrom et al. (2002); Macdonald et al. (2002); Rouw (1995); Gallagher et al. (1999); Sanchez (1995); e Baar (1997) apresentam sobre controle da erosão a supressão de plantas invasoras, suprimento de madeira e lenha e manutenção da biodiversidade.

Em Denich et al. (2005) tratam o sistema de corte-trituração com o uso do “mulch”, possui inúmeros benefícios: conservação dos teores de matéria orgânica e fertilidade, melhoria da estrutura física do solo, manutenção da biota do solo, proteção contra a erosão, manutenção da umidade do solo, contenção dos processos de degradação da biodiversidade, diminuição de plantas daninhas e prolongamento do ciclo de cultivo.

2.3 Sistemas Agroflorestais

Sistema agroflorestal (SAF) é um nome relativamente recente dado para práticas antigas, desenvolvidas em grande parte por comunidades tradicionais em várias partes do mundo, especialmente nos trópicos. Há uma grande ambiguidade e muitas definições para sistemas agroflorestais. A definição adotada pelo International Center for Research in Agroforestry (ICRAF) é: “Sistema agroflorestal é um nome coletivo para sistemas e tecnologias de uso da terra onde lenhosas e perenes são usadas deliberadamente na mesma unidade de manejo da terra com cultivares agrícolas e/ou animais em alguma forma de arranjo espacial e sequência temporal” (NAIR, 1993).

Esse conceito básico deve evoluir em função dos níveis de complexificação e diversificação dos sistemas e da necessidade de posicioná-los perante a legislação. Os níveis de complexidade dos sistemas agroflorestais evoluem dos mais simples - consórcios de espécies agrícolas com arbóreas sem a preocupação da dinâmica da sucessão e da biodiversidade, constituindo consórcios agroflorestais aos mais complexos - ecossistemas agroflorestais, com dinâmica e diversidade similares às florestas naturais.

Os sistemas agroflorestais são classificados de acordo com a natureza e arranjo de seus componentes, segundo Nair, (1993) a classificação de SAFs mais difundida é aquela que considera os aspectos funcionais e estruturais, ou seja 1) Sistemas silviagrícolas (agrossilvícolas ou agrossilviculturas) combinação de cultivos florestais e cultivos agrícolas numa mesma área; 2) sistemas silvipastoris: combinação de cultivos florestais e a criação de animais numa mesma área, de forma simultânea ou escalonada no tempo e 3) sistemas agrossilvipastoris: combinação de cultivos agrícolas e criação de animais numa mesma área, de forma simultânea ou escalonada no tempo.

Os sistemas agroflorestais são muito antigos, sendo que registros históricos mostram evidências da existência desses sistemas há, aproximadamente, 7000 anos a.C, quando se praticava basicamente o cultivo em “Home Garden” ou “Quintal agroflorestal”(MAC DICKEN e VERGARA, 1990). Há outros registros indicando que os SAF’s originaram-se no final do século XIX, com o plantio de teca (*Tectona grandis* L. F) e diferentes cultivos agrícolas, cujo método é denominado Taungya.

No entanto, somente a partir da década de 80 os Saf’s passaram a ser utilizados no mundo, devido a criação do Centro Internacional de Pesquisa em Saf. O ICRAF criado em 1977 em Nairobi, Quênia. No Brasil foi introduzido pelo agricultor e pesquisador Suíço Ernest Gotsch por volta de 1983. A REBRAAF, Instituto Rede Brasileiro Agroflorestal que promove a adoção no Brasil de alternativas agroflorestais, foi criada em 1990.

Os Safs referem-se a uma ampla variedade de formas de uso da terra, onde árvores e arbustos são cultivados de forma interativa com cultivos agrícolas, pastagens e ou animais, visando múltiplos propósitos, constituindo-se numa opção viável de manejo sustentado da terra. Para tanto, agrupam-se os sistemas que apresentam características semelhantes, para serem avaliadas entre si e para permitir a generalização de resultados. Esses sistemas são classificados de acordo com a natureza e arranjo de seus componentes.

Segundo Nair (1993), a classificação de SAF's mais difundida é aquela que considera os aspectos funcionais e estruturais, ou seja: Sistemas silviagrícolas (agrossilnicolas ou agrossiviculturais); combinação de cultivos florestais e cultivos agrícolas numa mesma área; Sistemas Silvipastoris; combinação de cultivos florestais e a criação de animais numa mesma área, de forma simultânea ou escalonada no tempo; Sistemas agrossilvipastoris agrícolas e criação de animais numa mesma área, de forma simultânea ou escalonada no tempo.

O sistema agroflorestal é um termo coletivo para caracterizar sistemas de uso policultivo da terra ou formas de cultivo múltiplo, no qual culturas arborescentes perenes domesticadas são integradas com culturas temporárias e/ou com a criação de animais na mesma unidade de manejo, seja espacial ou numa sequência temporal, para obter melhor aproveitamento do uso dos recursos naturais envolvidos no sistema de produção. SAF também significa a incorporação de culturas já domesticadas no enriquecimento de ambientes naturais, como capoeiras ou florestas nativas. Além disso, SAF significa, ainda, corredores de árvores para fins de proteção e o manejo de florestas naturais e plantadas para uso econômico de produtos madeireiros e não-madeireiros. (HENKE et al, 2008).

Para Kitamura & Rodrigues (2000); Luizão et al. (2006); Kato et al. (2006) apresentam que na Amazônia, os SAF estão sendo amplamente estudados e difundidos com ênfase na agricultura familiar. Estes sistemas permitem a recuperação de áreas degradadas, a produção de cultivos diversificados (alimentares e biocombustíveis) e a geração de serviços ambientais (infiltração d'água, aumento da matéria orgânica, elevação da biodiversidade), constituindo-se ainda como importantes sistemas de fixação de C.

Segundo Sanchez (1995); Young (1997) demonstram que os sistemas agroflorestais constituem uma alternativa de produção agropecuária que minimiza o efeito da intervenção humana. Imitando o ambiente natural pela consorciação de várias espécies dentro de uma área, eleva-se a diversidade do ecossistema e são aproveitadas as interações benéficas entre as plantas de diferentes ciclos, portes e funções.

Os safes apresentam vantagens e desvantagens, como vantagens consorciação de espécies, propriedades físicas, químicas e biológicas; controle de erosão; diminuição de variáveis microclimáticas, apropriados do sombreamento espécies adequada no sistema. As

desvantagens competitividade entre componentes vegetais; prejuízos causados pelo componente animal; aumento dos riscos de erosão.

2.4 Fracionamento da Matéria Orgânica

Nos estudos de Clapp & Hayes (1999); Hassink & Whitmore (1997); Carter (2001) indicam que devido a sua complexidade e diversidade estrutural e às possibilidades de interação com a matriz mineral do solo, a MOS trata-se de uma componente complexa e heterogênea. Na realidade, constitui-se num heterogêneo conjunto de materiais orgânicos diferindo em composição, grau de disponibilidade para a microbiota e função no ambiente.

Em Christensen (1992) & Collins et al.(1997) demonstram que os diversos tipos de fracionamento de solo utilizados em estudos de MOS, tentam justamente, reduzir essa heterogeneidade, procurando separar frações homogêneas quanto à natureza, dinâmica e função, mas ao mesmo tempo suficientemente diferentes umas das outras. A escolha do método de fracionamento depende do objetivo do estudo que se conduz, seja ele para a caracterização e identificação química de componentes específicos da MOS ou para a quantificação ou descrição de compartimentos da MOS importantes na ciclagem e liberação de nutrientes às plantas.

2.4.1 Métodos de fracionamento e caracterização da MOS

De acordo com Collins et al.(1997) o fracionamento físico tem se mostrado promissor na distinção dos compartimentos de carbono do solo sujeitos à influência do manejo e na identificação do mecanismo de controle físico da matéria orgânica, uma vez que possibilita a separação de diferentes compartimentos orgânicos relacionados com a textura do solo, cada qual respondendo de forma diferente às práticas de manejo, sendo possível identificar aqueles mais sensíveis, que sofrem alterações mais acentuadas em função da substituição da cobertura vegetal original por sistemas agrícolas.

Para Neves et al. (2005) o fracionamento físico do solo, de acordo com o tamanho das partículas, tem se mostrado uma ferramenta útil no estudo da MOS, revelando diferenças tanto na sua estrutura como na sua dinâmica quando esta se encontra ligada às partículas de diferentes tamanhos.

Assim, para Christensen (1992); Feller et al. (2000) os métodos físicos são considerados menos destrutivos e mais relacionados com a função e estrutura da MOS in situ, do que os métodos químicos.

Existe uma forte tendência em se adotarem métodos físicos para o fracionamento da MOS. Os métodos físicos são considerados menos destrutivos e mais relacionados com a função e estrutura da MOS in situ, do que os métodos químicos. Eles podem ser dessimétricos ou granulométricos, ou uma combinação de ambos. Uma série de esquemas de fracionamento encontra-se descrita na literatura, não havendo uma verdadeira padronização. Assim, trata-se de um procedimento utilizado para relacionar a MOS com a agregação e estabilidade de agregados ou para quantificar compartimentos da MOS visando estudos sobre a dinâmica da mesma. Segundo Christensen (1992), o conceito associado ao fracionamento físico enfatiza o papel das frações minerais na estabilização e transformação da MOS. Existem vários modelos descritivos do arranjo espacial das partículas minerais e orgânicas no solo, servindo de embasamento teórico para os procedimentos utilizados em diferentes esquemas de fracionamento físicos. (STEVENSON e ELLIOTT, 1989; GREGORICH e ELLERT, 1993; FELLER e BEARE, 1997; ELLIOTT e CAMBARDELLA, 1991; CAMBARDELLA, 1997; CHRISTENSEN, 1992, 2000; FELLER et al., 2000; OADES, 1984; GOLCHIN ET AL., 1997).

Os modelos de fracionamento físico podem ser complexos, como o descrito por Golchin et al. (1997), mas, em geral, um modelo relativamente simples (Christensen, 2000) serve de base para a maioria dos esquemas de fracionamento físico utilizados. Em tal modelo, Christensen (2000) postula que, dependendo do grau de associação com a matriz do solo, a MOS pode estar livre ou fracamente associada às partículas de solo, sendo chamada de matéria orgânica não-complexada (MONC); ou estar fortemente ligada às partículas minerais, formando complexos organo-minerais (COM). Os COM são ditos primários, quando resultam da interação direta entre partículas minerais primárias e compostos orgânicos. Juntamente com a MONC, os COM primários constituem as unidades básicas de organização das partículas minerais e orgânicas do solo. Em um segundo nível hierárquico de organização, os COM primários agrupam-se, formando agregados ou COM secundários.

Neste processo, Christensen (2000) pode ocorrer o aprisionamento de parte da MONC no interior dos COM secundários, dando origem a uma divisão da MONC em: livre, na superfície ou entre agregados (MONC livre); e oclusa, dentro dos agregados em locais pouco acessíveis a microbiota (MONC oclusa).

Nesta análise, para Roscoe & Machado (2002) existem dois grupos de métodos de fracionamento físico: os baseados na diferença em densidade entre os compartimentos (métodos dessimétricos); e os que levam em consideração diferenças no tamanho de partículas (métodos granulométricos). Vale ressaltar que, muitas vezes, tais métodos são usados em combinação.

Diante deste contexto, os métodos de fracionamento físico da MOS podem ser classificados como métodos granulométricos (CAMBARDELLA e ELLIOT, 1992), dessimétrico (GOLCHIN et al. 1994) ou uma mistura de ambos (SIX et al. 1998). O método de fracionamento físico granulométrico tem como princípio a separação da MO por peneiramento. Assim, os trabalhos de pesquisa que utilizam esse método de fracionamento (DIEKOW, 2003) adotam a separação dos compartimentos da MOS em carbono orgânico particulado (COP), carbono orgânico associado aos minerais (COM) e carbono orgânico total (COT). É baseado no tamanho das partículas, utilizando principalmente o peneiramento e sedimentação em proveta. A fração pesada pode ser dividida de acordo com o tamanho das partículas, sendo separadas nas frações areia – matéria orgânica particulada (maior que 53 μm) e matéria orgânica ligada aos minerais silte (2-53 μm) e argila (0-2 μm).

Desta forma, os maiores estoques de carbono, de uma maneira geral, são encontrados nas frações pesadas, demonstrando que a dinâmica do carbono estaria intimamente relacionada à textura do solo (FELLER e BEARE, 1997). A matéria orgânica particulada (MOP) é uma fração lábil e apresenta maior taxa de reciclagem dos constituintes orgânicos, sendo as alterações em seus estoques promovidas pelo manejo do solo são percebidas geralmente em curto prazo, em comparação as alterações mais lentas que ocorrem no solo como um todo (BALESDENT, 1996; FELLER e BEARE, 1997; BAYER et al., 2002).

Por isso a MOP é tida como uma fração relativamente sensível às práticas de manejo (JANZEN et al., 1992; PILLON, 2000; BAYER et al., 2002). A matéria orgânica ligada aos minerais (MOM) é dependente da quantidade de material orgânico que é transferido da MOP e da proteção coloidal exercida pelas superfícies minerais (CHRISTENSEN, 1996; SOLLINS et al., 1996). Essa transferência é dependente da adição inicial feita pelos sistemas de manejo.

O fracionamento físico do solo, de acordo com o tamanho das partículas ou por densidade, tem se mostrado uma ferramenta útil no estudo da MOS, revelando diferenças tanto na sua estrutura como na sua dinâmica quando esta se encontra ligada às partículas de diferentes tamanhos (NEVES et al., 2005). O COP é a fração da MOS separada por dispersão e peneiramento do solo associado à fração areia (CO da MO grosseira > 53 μm). Golchin et al. (1994), caracterizaram o COP como sendo partículas derivadas de resíduos de plantas e hifas com estrutura celulares reconhecíveis, cuja permanência no solo está condicionada à proteção física desempenhada por agregados. Segundo Roscoe e Machado (2002), o COP resulta da adição de serrapilheira e dos processos de persistência e decomposição no solo.

Segundo Christensen (1996) definiu o CO como a fração da MOS que interage com a superfície de partículas minerais, formando os complexos organominerais, estes estando

protegidos através do mecanismo de proteção coloidal, fazendo com que esta fração de MOOS apresente um tempo de permanência particulado, sendo esta proteção maior nos microagregados do que nos macroagregados (BUYANOVSKY et al., 1994). A estabilidade da MOS pela associação com a fração mineral do solo é resultante da formação de ligações estáveis entre MOS e os cátions metálicos e os minerais do solo (MARTIN NETO et al., 1996). Com o fracionamento granulométrico é possível conseguir a máxima dispersão do solo, a fim de separar as frações areia, silte e argila, com a mínima alteração da MOS associada a essas frações (BASANTA, 2004).

A matéria orgânica presente no solo nas frações lábeis (constituída por componentes facilmente oxidáveis) e estáveis, influencia as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. A fração areia está associada à matéria orgânica livre ou lábil, desempenhando importante função na ciclagem de nutrientes do solo. As frações silte e argila estão associadas à maior parte do carbono orgânico dos solos, na fração não lábil, sendo um material mais transformado e amorfo sem estrutura reconhecível de materiais vegetais ou da meso e microfauna. (BAYER et al., 2004; CONCEIÇÃO et al., 2005; ROSCOE e MACHADO, 2002).

De acordo com Carvalho (2006) indica que a ação dos agentes decompositores da matéria orgânica do solo é influenciada pelo teor de argila do solo, a qual aumenta a adsorção de compostos orgânicos e nutrientes e proporciona maior capacidade tampão do solo. Com isso, os solos com altos teores de argila apresentam maior imobilização de carbono orgânico e nitrogênio pela ação dos microrganismos do solo.

Segundo Roscoe; Machado (2002); e Guerra; Santos (2008) a degradação dos solos é desencadeada pela alteração de um conjunto heterogêneo de materiais orgânicos, composto de material orgânico decomposto ou parcialmente decomposto, biomassa viva e o material humificado associado à fração mineral do solo, conhecido como matéria orgânica do solo. O conjunto de atributos químicos, físicos e biológicos pode indicar a qualidade do solo, sendo um deles, o carbono, o qual é altamente sensível pela alteração de uso do solo. Assim, de acordo com Boeni (2007) a estabilidade da matéria orgânica, conjuntamente com a estrutura, são fatores importantes na sua dinâmica, pois a estabilidade é um efeito integrado da recalitrância molecular, da proteção química e física.

Conforme Diekow (2003), o material orgânico pode ser conhecido por critérios de localização (particulada, associada a minerais, dissolvida e biomassa viva), composição química (caracterização de biomoléculas e substâncias húmicas) e estabilidade (estrutural, metabólico, ativo, lento e passivo). Para Roscoe e Machado (2002), este material pode estar livre, fracamente ou fortemente associado as partículas do solo, formando complexos organominerais (primários ou secundários).

Sendo assim, para Golchin; Baldock; Oades (1998); Hassink; Whitmore (1997); Christensen (2001) demonstram que o agrupamento dos complexos primários forma os agregados chamados de complexos secundários, que podem reter parte da matéria orgânica fracamente associada na superfície dos agregados (livre) ou em seu interior (oclusa). O arranjo tridimensional pelo contato das partículas minerais, resíduos de plantas e mucilagens resulta nos macro e microagregados, interagindo com a argila do solo e aprisionando as substâncias orgânicas, diminuindo sua biodegradação, ou seja, menor acesso à comunidade biológica.

Para Demolinari et al.(2008) e Roscoe; Machado (2002) e o estudo da matéria orgânica envolve métodos de separação para a caracterização química ou física, sendo esta última aparentemente menos destrutiva. Estes processos são importantes, conforme Lima (2004), para o reconhecimento da dinâmica do carbono na matéria orgânica e na sustentabilidade dos ecossistemas. Para Sollins; Homann; Caldwell (1996), em torno de 90 % da superfície das argilas é inacessível aos microrganismos.

O fracionamento físico, para Six et al. (2002) e Christensen (2001), permite validar os compartimentos de carbono sensíveis ao manejo, ao uso e ao clima. Além disto, permite conhecer as interações e associações entre os componentes (in)orgânicos do solo e sua variação espaço-temporal com os componentes minerais do solo.

Segundo Roscoe & Machado (2002); Guerra & Santos (2008); Cambardella & Elliott (1992); Golchin et al.1994); Six et al., 1998) afirma que o fracionamento físico pode ser classificado em granulométrico por dois princípios, o princípio do peneiramento e o princípio densimétrico, o qual utiliza um líquido de densidade conhecida. Ainda pode-se realizar o uso combinado destes dois princípios. Pelo fracionamento densimétrico, a matéria orgânica do solo é reconhecida em fração leve e fração pesada. A fração leve é composta de restos vegetais parcialmente decompostos localizados inter e intraagregados.

A fração pesada é a matéria orgânica em estágio avançado de decomposição, associada à areia, silte e argila, sendo protegida física ou quimicamente (DEMOLINARI et al., 2008). Nisto, destacam-se o tipo e a quantidade de argila que possui a capacidade de estabilizar a matéria orgânica em complexos organominerais (BRADY; WEIL, 2002).

Do fracionamento físico por granulometria, Guerra; Santos (2008) apresentam diferentes metodologias que separam o material em frações de tamanho. Para Roscoe; Machado (2002), neste tipo de fracionamento, pode-se separar, por peneiramento, os agregados de diferentes tamanhos (secundários), ou separar a areia, o silte e a argila em função das classes texturais (primários).

Este tipo de fracionamento, por granulometria é apresentado em numerosos trabalhos (CAMBARDELLA; ELLIOTT, 1992; BAYER et al., 2002; COSTA et al., 2004; BAYER et al., 2004; BRUN, 2008), obtendo a fração particulada ($> 53 \mu\text{m}$) como a fração associada à areia representada pelo material residual de plantas e hifas reconhecíveis, e a fração associada aos minerais ($< 53 \mu\text{m}$) como a fração resultante da associação da matéria orgânica com o silte e a argila (NICOLOSO, 2005).

A quantidade de material recuperado na fração areia é pouco devido a sua carga superficial (ROSCOE; MACHADO, 2002), ou seja, em função da ausência de qualquer tipo de proteção física, sendo facilmente acessada pelos microrganismos, estando, portanto, correlacionada às taxas de respiração e à biomassa microbiana (JANZEN et al., 1992) diferente do material associado ao silte e à argila (ROSCOE; MACHADO, 2002). A fração particulada é a fração mais lábil do solo (CONCEIÇÃO et al., 2005), ou seja, a que possui menor proteção e maior sensibilidade a mudanças associadas ao carbono.

Lima (2004) esclarece que as frações têm o seu tempo de decomposição influenciado pelo clima, sistema de manejo, entre outros. Christensen (2001) afirma que as perturbações no solo geram um efeito em cascata na hierarquia deste sistema, afetando toda a matriz tridimensional do solo, enfatizando a importância do entendimento completo do ciclo da matéria orgânica e do carbono em todas as suas esferas hierárquicas.

2.5 Uso do solo e estoque de carbono

Os estoques de carbono do solo são controlados por uma variedade de fatores climáticos e biogeoquímicos e são diretamente influenciados por mudanças no uso e ocupação da terra em particular pela conversão de ecossistemas nativos em áreas cultivadas para agricultura e pecuária. Em ecossistemas nativos a matéria orgânica está em equilíbrio dinâmico, ou seja, as entradas e saídas se compensam. Quando o sistema nativo é alterado por atividades antrópicas, como no caso da Amazônia, o equilíbrio dinâmico é rompido e normalmente, as entradas são menores do que as saídas, conduzindo a uma redução da quantidade e modificando a qualidade da matéria orgânica.

De acordo com Sanchez (1976) fez um estudo importante que destaca que numa situação estável, normalmente em solos sob vegetação nativa inalterada, os teores de MOS se mantêm estáveis no tempo, a medida que as adições de C orgânico via resíduos de vegetais e a sua conversão em MOS são da mesma magnitude que as perdas de C orgânico pela mineralização da MOS promovidas pela atividade microbiana.

Para IPCC (2000) o total de carbono armazenado na vegetação e nos primeiros 100 cm do solo, é estimado em 2.477 Gt. O solo é o principal reservatório de carbono (2.011 Gt), com maior contribuição nas regiões de média e baixa latitude, com cobertura vegetal menos densa. Por outro lado, nas regiões de floresta tropical, a vegetação contribui com 49,5% dos 428 Gt de carbono estocados no complexo vegetação–solo até um metro de profundidade.

Segundo Guerra & Santos (1999); Nelson & Sommers (1982) destacam que o carbono total do solo é o somatório do C orgânico e C inorgânico. A maior parte do C orgânico está presente na MOS, enquanto o C inorgânico é encontrado em carbonatos. Nem todos os solos contêm quantidades expressivas de C inorgânico, devido à intensa lixiviação do perfil do solo durante o processo de formação, sendo negligenciável nos solos ácidos e de baixa fertilidade natural dos trópicos.

Fundamentalmente, a mudança no conteúdo de carbono orgânico do solo é uma função do balanço entre a entrada de carbono fixado fotossinteticamente e a perda via decomposição da MOS. Em ecossistemas nativos, o clima e as condições do solo são os determinantes primários do balanço de carbono, porque eles controlam as taxas de produção e decomposição. Em sistemas agrícolas, o tipo de uso e o manejo atuam modificando, tanto a entrada de MOS, como a taxa de decomposição, através da produção de resíduos, seleção de cultivares, fertilização, procedimentos de colheita, métodos de preparo do solo e manejo dos resíduos (CERRI et al, 1991).

O carbono (C) acumula-se na atmosfera à taxa de 3,5 Pg ano⁻¹, sendo a maior proporção resultante da queima de petróleo e carvão e da conversão de florestas tropicais para áreas de produção agrícola (PAUSTIAN et al., 2000). A concentração atual de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera é de 382 μmol mol⁻¹ (MILLARD et al., 2007). O cultivo de florestas, principalmente nas regiões tropicais, tem sido apontado como meio eficiente no sequestro de C em razão da acumulação deste na madeira e aumento do estoque no solo. Há, contudo, poucas informações sobre a efetividade das plantações florestais nos trópicos na retirada do CO₂ da atmosfera, e por quanto tempo ele é mantido no ecossistema. Vários fatores, como clima, solo e condições socioeconômicas, interferem nesses processos (ALBRECHT e KANDJI, 2003).

A conversão de ecossistemas naturais em sistemas agrícolas envolve uma série de atividades que afetam as taxas de adição e decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) (ZINN et al., 2005). Em sistemas naturais, os fatores de formação do solo são os determinantes primários dos processos de ciclagem de C, uma vez que exercem influência sobre o aporte de resíduos e sobre as saídas de C do solo (STEVENSON, 1994). Em sistemas agrícolas, o uso e o manejo do solo atuam modificando tanto a entrada como a saída de C do solo para a atmosfera, em função da produção diferenciada de resíduos, do número de

cultivos, das espécies vegetais, da adubação, dos procedimentos de colheita, dos métodos adotados de preparo do solo e do manejo dos restos culturais (LAL e BRUCE, 1999).

Em ecossistemas naturais, quando a vegetação nativa é substituída por sistemas agrícolas, os estoques de carbono orgânico (CO) podem ser drasticamente reduzidos, com perdas da ordem de 50 % nos primeiros 20 cm de profundidade do solo e de até 20 % na profundidade de um metro (Estados Unidos, 1999). Em regiões tropicais, as condições de temperaturas elevadas, os altos índices pluviométricos e, em consequência, a intensa atividade microbiana propiciam a rápida decomposição dos materiais orgânicos depositados no solo (SILVA e MACHADO, 2000; MIELNICZUK et al., 2003).

Segundo ZINN et al. (2005), as maiores taxas de decomposição da MOS observadas em áreas sob cultivo ocorrem devido às perturbações físicas do solo, que implicam rompimento dos macroagregados (reduz a proteção física da MOS), expondo a MO protegida aos processos microbianos, contribuindo, dessa forma, para aumentar as taxas de emissão de CO₂ para a atmosfera. Essas perdas de MO em áreas cultivadas adquirem importância, em razão de dois aspectos principais: (a) anualmente, cerca de 1,2 Pg C (Pg, Petagrama = 10¹⁵ gramas) são lançados na atmosfera devido a alterações nos sistemas de uso e manejo dos solos agrícolas (SUAERBECK, 2001); e (b) o solo é um dos compartimentos que mais armazenam C na Terra, de modo que, em termos globais, o primeiro metro superior do solo armazena 2,5 vezes mais C que a vegetação terrestre e duas vezes mais C que o presente na atmosfera (LAL, 2002).

O estoque de CO no primeiro metro de solo é estimado entre 1.462 e 1.548 Pg, enquanto na profundidade de até dois metros ele varia de 2.376 a 2.456 Pg (BATJES, 1999). Desse modo, em virtude das quantidades de C que armazena, o solo é um dos condicionantes de processos poluentes do ar, tendo em vista que a variação no estoque de C regula os teores desse elemento emitidos para a atmosfera.

Os estoques de N do solo são controlados especialmente pelas condições climáticas e pela vegetação. Em solos sob clima tropical, a concentração de N total pode variar entre 0,02 e 0,4 %, podendo, em casos extremos de solos orgânicos, chegar a até 2 % (STEVENSON, 1994). A maior parte do N do solo se encontra na forma orgânica (mais de 95 %), sendo a MOS um importante reservatório de formas potencialmente disponíveis de N para os vegetais, principalmente o N nítrico (N-NO₃⁻) e o amoniacal (N-NH₄⁺). A mineralização da MOS, que engloba os processos de aminação e amonificação, é responsável, por ano, pela conversão de 2 a 5 % do N orgânico em N mineral.

Esse processo é regulado pelo uso e manejo do solo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002; D'ANDRÉA et al., 2004), notadamente pelas espécies que são incluídas nos esquemas de rotação de culturas, de modo que o maior uso de leguminosas e a implantação de espécies com maior produção de biomassa causam maior armazenamento de N total no solo (MIELNICZUK et al., 2003). Quando o solo passa a ser cultivado, as taxas de acúmulo ou perdas de MOS variam de acordo com as características de cada tipo de solo, dos sistemas de culturas, do sistema de preparo do solo e das condições climáticas, que aceleram ou retardam os processos de decomposição dos resíduos e de síntese e decomposição da MOS (SANCHEZ, 1976).

As taxas de ganhos ou perdas de CO são definidas, portanto com a relação entre adições de C por resíduos animais ou vegetais e perdas de C por mineralização da MOS (BAYER e MIELNICZUK, 1997). No entanto, o solo é um reservatório com limites definidos e apresenta capacidade limitada em acumular C na forma de MOS. Bayer (1996) observou a existência de uma relação direta entre os teores de argila de um solo e os conteúdos de MOS, o que indica que solos argilosos apresentam maior capacidade de acumular carbono.

2.6 Matéria orgânica e qualidade do solo

Segundo Roscoe & Machado (2002) afirmam que a matéria orgânica do solo (MOS) é toda fração orgânica presente no solo em forma de resíduo fresco ou em diversos estágios de decomposição, compostos humificados e materiais carbonizados, associados ou não à fração mineral e outra parte composta por organismos vivos como raízes e os constituintes da fauna edáfica. Para Gregorich et al (1994) a matéria orgânica do solo é fonte primária de nutrientes às plantas, influenciando na infiltração, na retenção de água e na susceptibilidade à erosão. Atua também, sobre outros processos como a ciclagem de nutrientes, a complexação de elementos tóxicos e a estruturação do solo. O conteúdo de matéria orgânica do solo é considerado um dos principais indicadores de sustentabilidade e qualidade do solo.

Segundo Christensen (2000) há uma estreita relação entre a MOS e os diversos processos químicos, físicos e biológicos nos ecossistemas terrestres. Muitos autores têm destacado sua importância na qualidade de solo (OADES, 1984; CASTRO FILHO et al. 2002), na taxa de infiltração e na retenção de água (RAWLS et al. 2003), na atividade biológica (PRIMAVESI, 1984), na CTC (STEVENSON,1994), na disponibilidade de nutrientes para as plantas (CHENG,1997), e na liberação de CO₂ e outros gases (LAL et al., 1998).

A dinâmica da matéria orgânica no solo se dá principalmente através da disposição de resíduos orgânicos que são resultado, direto ou indireto, da reação de fotossíntese realizada pelas plantas. Através deste processo as plantas captam o CO₂ da atmosfera, fixando-o no tecido vegetal. Após a senescência e morte das plantas, a parte aérea é depositada na superfície e o sistema radicular no interior do solo, servindo como substrato para os organismos decompositores, transformadores da MOS. As perdas de matéria orgânica também podem ocorrer por meio da lixiviação de compostos solúveis e pela erosão do solo. A quantidade de matéria orgânica que é armazenada no solo depende das características edafo-climáticas da região, da vegetação e/ou espécie cultivada e do manejo utilizado. Sistemas de cultivos que tem a capacidade de adicionar matéria orgânica em maiores profundidades via biomassa radicular, contribuem significativamente para o armazenamento de carbono no solo (PAUL e CLARK, 1996; BAYER et al.,2000).

Desta maneira, Bayer et al. (1997) a velocidade e quantidade de adições e perdas de carbono no solo determinam a direção à sustentabilidade ou à degradação do sistema. Em geral o revolvimento do solo aumenta as perdas, já o revolvimento mínimo do solo é determinante para o acúmulo de carbono no solo.

A dinâmica da MOS⁴ é o resultado da interação entre os diversos fatores ambientais e as interferências antropogênicas. O adequado entendimento dessa dinâmica permite melhor manejo de solo, uma vez que a MOS afeta diretamente sua qualidade e produtividade (ROSCOE et al., 2006). A expressão “dinâmica da MOS” refere-se às alterações quantitativas e qualitativas que ocorrem nos EC ao longo do tempo.

Pode-se afirmar sobre o teor de matéria orgânica é provavelmente, o atributo que melhor representa a qualidade do solo, embora seja alterado pelas práticas de manejo. O seu declínio no solo, ao longo tempo, estará indicando algum erro no sistema de manejo adotado: baixa fertilidade; baixa produção de resíduos; excesso de revolvimento; erosão acelerada, etc. A persistência no erro, inevitavelmente conduzirá a exploração agrícola a uma situação insustentável do ponto de vista econômico e ambiental.

Para Doran & Zeiss (2000) afirmam que o manejo do solo é um dos principais fatores que definem a qualidade do solo e a sustentabilidade de um sistema de produção. No entanto, para avaliar a QS é necessário que se eleja algumas propriedades do solo a serem monitoradas como atributos indicadores. Para uma propriedade ser um eficiente indicador de QS é necessário que este seja sensível às variações do manejo e bem correlacionado com as funções desempenhadas pelo solo.

Segundo Islam & Weil (2000), os possíveis indicadores de QS podem ser distintos em três grupos, a saber: 1) efêmeros, cujas alterações se dão rapidamente no tempo segundo o

⁴ De acordo com os estudos de Anderson (1995) a matéria orgânica do solo (MOS) constitui o maior reservatório de carbono da superfície terrestre. Estima-se que os estoques de carbono no solo estejam entre 1.200 e 1.500 Pg (10¹⁵ g) superando, assim, o estoque de carbono na biota.

manejo, entre eles: pH, disponibilidade de nutrientes, densidade, porosidade e umidade do solo; 2) intermediários, possuindo forte influência nos processos que ocorrem no solo, tais como: matéria orgânica do solo, agregação e biomassa microbiana; e 3) permanentes, que são inerentes ao solo, como: profundidade, textura e mineralogia. Dentre estes, os indicadores do grupo intermediário são os mais aptos a serem utilizados como ferramentas de monitoramento da QS.

Definidos os indicadores, pode-se avaliar o atual estado de QS medindo e comparando estes atributos com os valores encontrados no solo sob estado natural ou com valores considerados ideais (DORAM e PARKIN, 1994; SARRANTONIO et al., 1996). A MOS possui potencial para ser utilizada como atributo chave da QS (DORAN e PARKIN, 1994; MIELNICZUK, 1999), pois além de satisfazer o requisito básico de ser sensível à modificações pelo manejo do solo, é ainda fonte primária de nutrientes às plantas, influenciando na infiltração, retenção de água e susceptibilidade à erosão (GREGORICH et al. 1994).

A QS também atua sobre outros atributos como ciclagem de nutrientes, complexação de elementos tóxicos e estruturação do solo. Solos tropicais, intensamente intemperizados, possuem como uma das suas principais características químicas a baixa CTC. Nesses solos, o teor de MOS tem importância preponderante na CTC efetiva (BAYER e MIELNICZUK, 1999). Portanto, a dinâmica da MOS tem importância chave no entendimento das alterações provocadas pelo manejo que se aplica ao solo sobre a QS e na sustentabilidade produtiva e econômica de um sistema de exploração agrícola.

A MOS é toda fração orgânica presente no solo em forma de resíduos frescos ou em diversos estágios de decomposição, compostos humificados e materiais carbonizados, associados ou não à fração mineral e outra parte composta por organismos vivos como raízes e os constituintes da fauna edáfica (ROSCOE e MACHADO, 2002).

Há uma estreita relação entre a MOS e os diversos processos químicos, físicos e biológicos nos ecossistemas terrestres. Muitos autores têm destacado sua importância na qualidade do solo, pois influencia a estabilidade dos agregados e a estrutura do solo, a taxa de infiltração e a retenção de água, a atividade biológica, a CTC, a disponibilidade de nutrientes para as plantas, a liberação de CO₂ e outros gases. (CHRISTENSEN, 2000; GREGORICH et al., 1994; OADES, 1984; CASTRO FILHO et al., 2002; RAWLS et al., 2003; PRIMAVESI, 1984; STEVENSON, 1994; CHENG, 1997; LAL et al., 1998).

De acordo com Greenland et al. (1992) a influência da MOS na produção agrícola é particularmente alta, principalmente em solos de clima tropical com frações de argila de baixa atividade. Nestes solos a CTC proveniente da fração mineral geralmente é baixa, assim, a matéria

orgânica pode representar um grande percentual da CTC total. De acordo com Canellas et al. (2001), as substâncias húmicas apresentam CTC que varia de 400 a 1400 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, contribuindo de forma significativa para a densidade de cargas negativas de superfície.

O teor de MOS é muito susceptível às práticas de manejo, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, onde as reações físicas e químicas são mais intensificadas. Por outro lado, quando a MOS está protegida, no interior dos agregados do solo ou pela forte ligação à fração argila, pode permanecer com teores próximos aos iniciais por vários anos de cultivo. Roscoe e Buurmam (2003) encontraram teores de MOS próximos ao da vegetação original, após 30 de cultivo, sob Latossolos Vermelho Escuro tanto em sistema de plantio direto como plantio convencional.

De acordo com Mielniczuk (1999), a adição de matéria orgânica num sistema ocorre pela síntese de compostos orgânicos no processo de fotossíntese. A quantidade adicionada de carbono em determinadas condições edafoclimáticas depende das espécies e dos sistemas de cultura utilizados. A questão central do uso da MO como indicador de sustentabilidade reside na definição do teor crítico, a partir do qual se comprometeria a qualidade do solo. Certamente, o teor crítico será variável de solo para solo. Porém, em regiões tropicais e subtropicais, o teor de carbono de solos em seu estado natural estável é utilizado como referência para comparações com áreas exploradas.

Segundo Gregorich et al. (1994), a qualidade de um solo está relacionada com seu grau de aptidão a um uso específico, sendo dependente da composição natural do solo, que por sua vez é função dos fatores de formação do solo e dos efeitos do manejo humano.

Em Doan & Parkin (1994) apresentam que para avaliar a qualidade do solo utilizam-se atributos indicadores, os quais devem ser sensíveis às mudanças de manejo e às perturbações no solo, de modo a ser viável sua utilização como indicador.

Outro conceito de qualidade do solo é aquele que diz que a qualidade do solo é a capacidade do mesmo em exercer determinadas funções em ecossistemas naturais ou manejados pelo homem. Desta forma, fica claro que o solo exerce determinadas funções e, quando essas são comprometidas afeta a qualidade do solo.

Mais recentemente a qualidade do solo tem se referido à qualidade dinâmica – definida como modificações naturais nas características do solo em função de atividades humanas e manejo. Algumas práticas de manejo tais utilização de restos de cultura como cobertura morta tais como no sistema de plantio direto, aumentando o teor de matéria orgânica, pode ter um efeito positivo na qualidade dinâmica do solo.

A qualidade do solo refere-se a qualidade dinâmica – aquelas características que são afetadas pelo manejo. A avaliação da qualidade do solo é uma ferramenta para verificar-se a interferência das práticas de manejo na sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

A avaliação da qualidade dos solos é feita através de indicadores que podem ser características (atributos) físicas, químicas e biológicas e processos que ocorrem no solo como associações simbióticas tais como micorrizas (ocorre na maioria das plantas cultivadas) e associações entre rizóbios e leguminosas. Também podem ser características morfoógicas e visuais de plantas. Os indicadores são mensurados para monitorar sistemas de manejo que induzem modificações no solo.

A matéria orgânica (MO) do solo que pode ser avaliada pelo teor de carbono orgânico total é considerada como um indicador chave da qualidade do solo. A MO como indicador da qualidade do solo emana do fato de que seu teor é muito sensível em relação às práticas de manejo, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, onde, nos primeiros anos de cultivo, mais de 50% da matéria orgânica previamente acumulada é perdida por diversos processos, entre esses a decomposição microbiana e a erosão.

Segundo a maioria dos atributos do solo relacionados às suas funções básicas, citados na definição, têm estreita relação com a M.O. tais como: a estabilidade dos agregados, a estrutura, infiltração e retenção de água, resistência à erosão, atividade biológica, capacidade de troca de cátions (CTC), disponibilidade de nutrientes para as plantas, lixiviação de nutrientes, liberação de CO₂ e outros gases para a atmosfera.

Considerando a importância da matéria orgânica como indicador da qualidade dos solos falaremos com mais detalhes sobre esse atributo enfocando inicialmente o conceito de húmus pois, é ele, na realidade, o grande responsável pela manutenção da qualidade dos solos.

A dinâmica de transformação do carbono orgânico (CO) afeta diretamente a qualidade do solo, pois esta é componente essencial nos diversos processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem nos ecossistemas terrestres, dentre os quais se destacam: a estruturação do solo, o suprimento de nutrientes, a capacidade de troca iônica, o tamponamento do pH do solo, fonte de carbono e energia para os microorganismos do solo, redução da contaminação de água de superfície e subterrânea pelo fenômeno de adsorção de poluentes, afeta a disponibilidade de ar e água às raízes das plantas e o desenvolvimento do sistema radicular. Carbono orgânico nas frações granulométricas e substâncias húmicas de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico – LVAd sob diferentes agrossistemas. (SANTOS & TOMM, 2003; HERMLE et al., 2008; SILVA e PASQUAL, 1999; CORREA, 2002; CONCEIÇÃO et al., 2005)

A qualidade do solo é, sem dúvida, um aspecto fundamental na avaliação da sustentabilidade de sistemas de produção, o que implica a compreensão desse recurso como

um sistema vivo e dinâmico. O conteúdo de matéria orgânica do solo MOS é considerado um dos principais indicadores de sustentabilidade e qualidade ambiental em agroecossistemas.

Para Sá et al.(2001) os sistemas conservacionistas de manejo promovem o aumento do conteúdo de MOS, contribuindo para que o solo desempenhe suas funções básicas (promover o desenvolvimento da vida, garantindo a qualidade ambiental, a saúde animal e humana). A compreensão da dinâmica da MOS em sistemas de produção permite subsidiar o estabelecimento de estratégias de manejo que garantam o incremento do conteúdo de MOS e a qualidade ambiental e do solo ao longo do tempo, observando-se os princípios básicos da agricultura conservacionista, os princípios agroecológicos e a íntima dependência de insumos.

Em Doran & Parkin (1994) afirmam que para avaliar a qualidade do solo (QS), faz-se necessário selecionar algumas propriedades que são consideradas como atributos indicadores. Segundo Doran & Zeiss (2000) um eficiente indicador deve ser sensível às variações do manejo, bem correlacionado com as funções desempenhadas pelo solo, capaz de elucidar os processos do ecossistema, ser compreensível e útil para o agricultor e, preferencialmente, de fácil e barata mensuração.

Segundo Islam & Weil (2000), os indicadores podem ser distinguidos em três grandes grupos: os efêmeros, cujas alterações ocorrem em curto espaço de tempo ou são modificados pelas práticas de cultivo, tais como: umidade do solo, densidade, pH, disponibilidade de nutrientes; os intermediários, que demonstram uma crítica influência da capacidade do solo em desempenhar suas funções, tais como: agregação, biomassa microbiana, quociente respiratório, carbono orgânico total e ativo; e os permanentes, que são inerentes ao solo, tais como: profundidade, camadas restritivas, textura, mineralogia. Para esses autores, os indicadores intermediários são os de maior importância para integrarem um índice de QS.

Embora contribua somente com uma pequena parcela da massa total dos solos minerais, a MOS representa a componente fundamental para a manutenção da QS, sendo essencial nos diversos processos químicos, físicos e biológicos de ecossistemas terrestres (PICCOLO, 1996; CHRISTENSEN, 2000; CARTER, 2001).

A MOS apresenta grande potencial para ser utilizada como atributo chave da qualidade do solo (DORAN e PARKIN, 1994; Mielniczuck, 1999), pois, além de satisfazer o requisito básico de ser sensível a modificações pelo manejo do solo, ainda é fonte primária de nutrientes às plantas, influencia a infiltração, retenção de água e suscetibilidade à erosão (GREGORICH et al., 1994), e ainda atua sobre a ciclagem de nutrientes e agregação do solo.

Dessa forma, ela contribui de forma direta e indireta na QS. Solos tropicais, intensamente intemperizados, apresentam como uma das suas principais características

químicas a baixa capacidade de troca catiônica (CTC). Nesses solos, o teor de MOS tem importância preponderante na CTC efetiva (BAYER e MIELNICZUK, 1999). Todavia, em algumas situações, notadamente naquelas induzidas por sistemas de manejo com histórico de adoção de curto prazo, este indicador pode não ser um eficiente discriminador das alterações na QS. Nesse caso, a avaliação de compartimentos da MOS, como a particulada, pode ser uma alternativa de incremento da sensibilidade (FREIXO, 2000; BAYER et al., 2002).

A dinâmica da matéria orgânica pode ser traduzida em formatos numéricos. Sua variação temporal é expressa pela equação: $dC/dt=k_1*A-k_2*C$, sendo que A representa a quantidade de carbono sintetizado pela fotossíntese e adicionado ao solo por meio de resíduos, exsudatos radiculares e raízes, o C é o carbono presente na matéria orgânica do solo, k_1 é a quantidade adicionada e efetivamente retida no solo na forma de matéria orgânica, e k_2 a quantidade existente na matéria orgânica do solo, mas que é perdida pela decomposição microbiana, erosão, lixiviação, etc.. Considerando a proteção da matéria orgânica, destacam que o seu decréscimo ainda ocorre pela respiração, erosão e menor resistência à degradação. As flutuações da matéria orgânica do solo podem ser positivas, como mudanças entre vegetações similares, mas também flutuações de ordem negativa, com as intensas práticas inadequadas de manejo. Em relação ao uso do solo, a quantidade de carbono diminui quando se substitui o campo por povoamento de Pinus, que volta a aumentar com o desenvolvimento do povoamento. Este povoamento possui um estoque de carbono de 16,6 Mg ha⁻¹ na camada 0-10 cm do solo, reduzindo-se nas camadas inferiores. Em função da dificuldade de caracterização, do alto grau de alteração e da dinâmica, complexo o estudo da matéria orgânica, em virtude da inter-relação destes elementos tanto na sua liberação e disponibilização às plantas quanto no acúmulo e fluxo no solo e na interface com a atmosfera. (BAYER; MIELNICZUK, 2008; SOLLINS; HOMANN; CALDWELL, 1996; VOGT ET AL. 1995; COSTA LIMA ET AL. 1995)

Portanto, adotar práticas para sua conservação, conforme Balesdent; Chenu; Balabane (2000) contribue para o aumento de carbono no solo e na biomassa viva. Sendo assim, as alterações do solo, a incorporação do material orgânico e a ruptura da estrutura do solo atuam na dinâmica do material orgânico.

2.7 Efeito do manejo sobre as frações físicas da matéria orgânica do solo

Segundo Empinotti (1999) os processos de mineralização e humificação, responsáveis pela decomposição e transformação da matéria orgânica ocorrem simultaneamente e são regulados por fatores climáticos, pH do solo, disponibilidade de nutrientes, meso e microfauna, quantidade de resíduos e sua composição química .

De acordo com Zech et al. (1997) destacam que entre os principais fatores que controlam a mineralização e humificação da MOS nos trópicos, podem-se citar: a natureza dos aportes orgânicos, a mineralogia, a textura e os organismos do solo, além da utilização antrópica.

As práticas de manejo do solo exercem grande influência sobre a dinâmica da matéria orgânica, por meio de alterações na quantidade e qualidade dos resíduos aportados ao solo, do aumento da disponibilidade de nutrientes via adubação química e pela mudança das propriedades físicas do solo pela mecanização (FERNANDES et al., 1997).

A rápida degradação do solo sob exploração agrícola no mundo, especialmente nos países tropicais em desenvolvimento, despertou nas últimas décadas a preocupação com a qualidade do solo e a sustentabilidade da exploração agrícola. Desde então, vários conceitos de qualidade do solo foram propostos: o melhor deles, porém, define a qualidade do solo como sendo a sua capacidade de manter a produtividade biológica, a qualidade ambiental e a vida vegetal e animal saudável na face da terra. Ou seja, devemos produzir, mas utilizando sistemas de manejo que observem esses aspectos.

Além da preocupação com a produção de alimentos, que polarizou a pesquisa até próximo aos anos 80, esse conceito traz uma nova visão mostrando a preocupação com a preservação do ambiente e a manutenção do solo livre de agentes biológicos e químicos prejudiciais à vida. Biológicos podemos citar por exemplo, práticas que propiciem a presença por exemplo de Rizobactérias Deletérias ao Crescimento de Plantas – liberam substâncias prejudiciais aos vegetais ou podem causar doenças no sistema radicular. Químicos: podemos citar utilização em grande escala de produtos fitossanitários (pesticidas na nova linguagem do Mercosul) que podem causar por exemplo efeitos tóxicos em microrganismos que atuam em processos benéficos tais como bactérias do gênero *Rhizobium* e fungos micorrízicos arbusculares.

Segundo Santos (2003) quando o meio ambiente sofre a interferência do homem a dinâmica da matéria orgânica é alterada e, geralmente, os resultados dessa interferência sobre as propriedades do solo são negativos. Para Bayer (1996) afirma que o uso intensivo do solo e o seu revolvimento contribuem para a sua degradação que, entre outros fatores, está relacionada diretamente com a diminuição da matéria orgânica.

Nos estudos de Christensen (1996) dependendo do manejo adotado, o solo pode atuar como um reservatório de carbono ou como fonte de CO₂ para a atmosfera. A concentração de carbono atmosférico tem aumentado nas últimas décadas, principalmente pela queima de combustíveis fósseis e oxidação da matéria orgânica do solo e a atividade agrícola têm contribuído com 1/3 da liberação de CO₂, o qual representa, aproximadamente, 50% dos gases que compõem o efeito estufa. Pequenas alterações na quantidade de matéria orgânica representam um grande efeito sobre a concentração do CO₂ atmosférico.

O preparo do solo afeta principalmente as propriedades físicas do solo (agregação, compactação, aeração, etc). No sistema convencional esse efeito é mais intenso devido à maior exposição do solo aos fatores climáticos (radiação, chuva, vento, entre outros). Já no plantio direto, a permanência da palhada na superfície do solo diminui a amplitude térmica e aumenta a retenção de água no solo (SALTON e MIELNICZUK, 1995). O revolvimento sistemático do solo também promove um estresse na população microbiana do solo fazendo com que esta consuma o carbono orgânico, levando à redução da matéria orgânica do solo.

A magnitude do efeito do manejo sobre as frações minerais do solo ao longo do tempo, pode ser determinada pela composição e grau de associação da matéria orgânica. Bayer (1996) verificou que a taxa de decomposição da matéria orgânica nas frações $>53 \mu\text{m}$ em plantio convencional e em plantio direto, foi de 4,5 e 3,4 vezes maior do que nas frações $<53 \mu\text{m}$, respectivamente, em um Argissolo Vermelho.

Compreende-se um modelo da dinâmica da matéria orgânica do solo e explica que uma perda inicial rápida de carbono da fração $>53 \mu\text{m}$ nos primeiros anos de cultivo do solo se deve, provavelmente, à redução nas adições de carbono devido à colheita e ao aumento da taxa de decomposição da matéria orgânica grosseira através do revolvimento do solo. Com isso, a estabilidade de agregados é reduzida e a matéria orgânica protegida fisicamente no interior dos agregados torna-se acessível aos microrganismos.

Em geral, todas as frações de tamanho de partícula da matéria orgânica são afetadas pelo manejo do solo ao longo do tempo, no entanto, os maiores efeitos são observados nas frações mais grosseiras (CHRISTENSEN, 1992; BAYER, 1996). Em sistemas com baixa adição de resíduos há uma rápida mineralização das frações mais lábeis ($>53 \mu\text{m}$). Mantendo-se o revolvimento e a pequena adição de resíduos, ocorrem perdas acentuadas na estabilidade de agregados e a matéria orgânica localizada no interior dos microagregados é mineralizada.

Os processos de perda da MO continuam até que a atividade microbiana diminua consideravelmente levando o sistema a um novo estado de equilíbrio, com baixos conteúdos de matéria orgânica. Por outro lado, em sistemas com alta adição de resíduos e pouco ou nenhum revolvimento do solo, há inicialmente um acúmulo de matéria orgânica nas frações mais lábeis, favorecendo a estabilidade de agregados. Neste caso, em solos arenosos, a formação de macroagregados é importante para a estabilização da matéria orgânica, enquanto que em solos argilosos, rapidamente são formados microagregados, mantendo a matéria orgânica inacessível aos microrganismos (PILLON, 2000).

Desta forma, é possível entender que diferentes sistemas de manejo alteram o ecossistema como um todo. A matéria orgânica, em especial, é diretamente afetada quantitativa e qualitativamente, sendo um indicador da degradação ou conservação dos solos sob cultivo agrícola.

Na maioria dos solos os sistemas conservacionistas de manejo favorecem o aumento no estoque de C no solo e nos solos de várzea não é diferente, no entanto, pouco se sabe sobre a intensidade com que os diferentes sistemas influenciam na dinâmica da MOS, principalmente nos seus mecanismos de proteção.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, A. & KANDJI, S.T. **Carbon sequestration in tropical agroforestry systems**. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 99:15-27, 2003.

Alencar, A.; Vieira, I.C.G.; Nepstad, D.C.; Lefebvre, P. **Análise multitemporal do uso da terra e mudança de vegetação em antiga área agrícola da Amazônia**. In: Anais do VIII Simpósio Internacional de Sensoriamento Remoto, 1996. Salvador, Bahia. p.4.

ANDERSON, D.W. **Decomposition of organic matter and carbon emissions from soils**. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. & STEWART, B.A., eds. *Soils and global change*. Boca Raton, CRC Press, 1995. p.165-175.

BAAR, R. **Vegetationskundliche und -ökologische Untersuchungen der Buschbrache in der Feldumlagewirtschaft im östlichen Amazonasgebiet**. *Gottinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen* 121, 202p. 1997.

BALESDENT, J. **The significance of organic separates to carbon dynamics and its modelling in some cultivated soils**. *European Journal of Soil Science*, Oxford, v. 47, p. 485-493, 1996.

BALESDENT, J.; CHENU, C.; BALABANE, B. **Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage**. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.53, p.215-230, 2000.

BASANTA, M. Del V. **Dinâmica do nitrogênio da cultura de cana-de-açúcar em diferentes sistemas de manejo de resíduo da colheita**. 2004. Tese (Doutorado – Escola Superior de Agricultura – Luiz de Queiroz) - Universidade de São Paulo Piracicaba-SP.

BATJES, N.H. **Management options for reducing CO₂ - concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil**. The Netherlands, ISRICWageningen, 1999. 114p.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas de manejos de solos**. Porto Alegre, 1996. 240f. Tese (Doutorado em agronomia – Ciência do Solo) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1996.

BAYER, C & MIELNICZUL, J. **Conteúdo de nitrogênio total num solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 21: 235-239, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica**. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. METRÓPOLE: Porto Alegre, 2008. 636 p.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L.; ERNANI, P.R. **Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil**. Plant and Soil, v.238, p.133-140, 2002.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. E.; PAVINATO A. **Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.39, n.7, p. 677-683, jul. 2004.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. & CERETTA, C.A. **Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in sandy clay loam Acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance**. Soil Till. Res., 53:95-104, 2000.

BOENI, M. **Proteção física da matéria orgânica em solos de Cerrado afetada pela paisagem**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. 136p. (Tese de Doutorado)

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. The Nature and Properties of Soils. 3rd ed. New Jersey: Pearson Education, 2002. 960p.

BROWN, S.; LUGO, A. E. **Tropical Secondary Forests**. Journal of Tropical Ecology, 6(1):1-32. 1990.

BRUN, E. J. **Matéria orgânica do solo em plantios de Pinus taeda e Pinus elliotti em duas regiões do Rio Grande do Sul**. 2008. 119 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

BUYANOVSKY, G.A.; ASLAM, M.; WAGNER, G.H. Carbon turnover in soil physical fractions. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, p.1167-1173, 1994.

CAMBARDELLA, C. A. **Experimental verification of simulated soil organic matter pools**. In: LAL, R., KIMBLE, J. M., FOLLETT, R. F.; STEWART, B. A. (Ed.). Soil processes and the carbon cycle. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 519-526

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. **Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence**. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 56, p. 777-783, 1992.

CANELLAS, L.P.; SANTOS, G. de A.; RUMJANEK, V.M.; MORAES, A. A.; e GURIDI, F. **Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36, p. 1529-1538, 2001

CARTER, M. R. **Organic matter and sustainability**. In: REES, R. M.; BALL, B. C.; CAMPBELL, C. D.; WATSON, C. A. (Ed.). Sustainable management of soil organic matter. New York: CABI Publishing, 2001. p. 9-22.

CARVALHO, J. L. N. **Conversão do Cerrado para fins agrícolas na Amazônia e seus impactos no solo e no meio ambiente**. 2006. 95f.. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP.

CASTRO, F. C.; LOURENÇO, A., GUIMARÃES, M. F. e FONSECA, I. C. B. **Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brazil**. Soil an Tillage Reserch, v. 65, p. 45-51, 2002.

CERRI, C. C.; VOLKOFF, B.; ANDRAUX, F. **Nature and behavior of organic matter in soils under natural forest, and after deforestation, burning and cultivation, near Manaus**. Forest Ecology and Management, v.38, p.247-257, 1991.

CLAPP, C. E., & Hayes, M. H. B. **Sizes and Shapes of Humic Substances**. Soil Science, 164, 777-789, 1999.

CHENG, B.T. **Soil organic matter as a plant nutrient**. In: Symposium on soil organic matter studies, 1997, Vienna. Soil organic matter studies. Austria: IEA, p. 31-39. 1997.

CHRISTENSEN, B.T. **Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates**. Advances in Soil Science, v.20, p.1-90, 1992.

CHRISTENSEN, B. T. **Organic matter in soil: structure, function and turnover**. Tjele: DIAS, 95 p. (DIAS Report. Plant Production, 30). 2000

CHRISTENSEN, B.T. **Carbon in primay and secondary organomineral complexes**. In: CARTER, M.R.; STEWART, B.A. EDS. Structure and organic matter in agricultural soils. Boca Raton: CRC Lewis, p.97-165. 1996.

COLLINS, RN, et al. **Interactions of nucleotide release factor Dss4p with Sec4p in the post-Golgi secretory pathway of yeast**. J Biol Chem 272(29):18281-9 (1997)

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. **Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados**. R. bras. Ci. do Solo. Viçosa-MG., v.29, n.5, p. 777-788. 2005

CORREA, J.C. 2002. **Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 37(2): 203-209.

COSTA, F. de S; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; FONTOURA, S. M. V. **Aumento da matéria orgânica em um Latossolo Bruno em plantio direto**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 587-589, mar./abr. 2004.

COSTA LIMA, V. et al. **Efeito da substituição de campo natural por Pinus na dinâmica do carbono do solo**. Revista do Setor de Ciências Agrárias, v.14, n.1, p.7-12, 1995.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O. & CARNEIRO, M.A.C. **Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás.** R. Bras. Ci. Solo, 26:913- 923, 2002.

DENICH, M. **Estudo da importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental brasileira.** Tese de Doutorado, Universidade Georg August de Göttingen, Eschborn-Alemanha. 284p., 1991.

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P. & KÖGELKNABNER, I. **Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 year.** Soil and Tillage Research, v.81, p.87-95, 2005.

DIEKOW, J. **Estoque e qualidade da matéria orgânica do solo em função de sistemas de culturas e adubação nitrogenada no sistema plantio direto.** Porto Alegre, 2003. 164 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo. Programa de Pós Graduação em Ciências do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS.

DENICH, M.; VIELHAUER, K.; KATO, M. do S.A.; BLOCK, A.; KATO, O.R.; SÁ, T.D. de A.; LÜCKE, W.; VLEK, P.L.G. **Mechanized land preparation in forest-based fallow systems: the experience from Eastern Amazonia.** Agroforestry Systems, v.61- 62, p.91-106, 2004.

DENICH, M.; VLEK, P.L.G.; SÁ, T.D. de A.; VIELHAUER, K.; LÜCKE, W. **A concept for the development of fire-free fallow management in the Eastern Amazon, Brazil.** Agriculture, Ecosystems and Environment, v.110, p.43-58, 2005.

DEMOLINARI, M.S.M; SILVA, I.R.; LIMA, A.M.N.; VERGUTZ, L. & MENDONÇA, E.S. **Efeito da solução de separação densimétrica na quantidade e qualidade da matéria orgânica leve e na quantificação do carbono orgânico da fração pesada.** R. Bras. Ci. Solo, 32:871:79, 2008.

DORAN, J.W. & ZEISS, M.R. **Soil health and sustainability; Managing the biotic component of soil quality.** Appl. Soil Ecol., 15:3-11, 2000.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. **Defining and assessing soil quality.** In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. eds. *Defining soil quality for a sustainable environment.* Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.3-22. (Publication Number, 35)

ELLIOTT, E. T.; CAMBARDELLA, C. A. **Physical separation of soil organic matter.** *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.34, p.407-419, 1991.

FAO, Food and Agriculture Organization. **The Tropical Forestry Action Plan.** UM Food and Agricultural Organization, Rome, 1985.

FELLER, C. & BEARE, M. H. **Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics.** Geoderma, 79:69-116, 1997.

FELLER, C.; BALESIDENT, J.; NICOLARDOT, B.; CERRI, C. Approaching "functional" soil organic matter pools through particle-size fractionation. Examples for tropical soils. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLETR, R. F.; STEWART, B. (Ed.). Assessment methods for soil carbon pools. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 102-132. (Advances in Soil Science).

FILHO, F. R. S.; SILVA, A. A. S.; MARQUES, U. M. F.; CAHETE, F. L. S.; PINTO, W. S.; SILVEIRA, J. L.; SANTOS, S. R. M. E CORTELETTI, J. **Dinâmica histórica da reprodução da agricultura em Igarapé-Açu** (região Bragantina do estado da Pará): conformação do espaço agrário e dinâmica dos sistemas agrários. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZÔNIA ORIENTAL. Belém: Embrapa Amazônia Oriental / CNPq, 1999. p.

FEARNSIDE, P. M. **Amazonian deforestation and global warming: Carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon forest.** Forest Ecology and Management.80 (1-3):21-34, 1996.

FREIXO, A.A. **Caracterização da matéria orgânica de Latossolos sob diferentes sistemas de cultivo através de fracionamento físico e espectrografia de infravermelho.** Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000. 86p. (Tese de Mestrado)

GALLAGHER, R.S.; FERNANDES, E.C.M.; McCALLIE, E.L. **Weed management through short-term improved fallows in tropical agroecosystems.** Agroforest Systems. 47:197-221. 1999.

GOLCHIN, A.; OADES, J.M.; SKJEMSTAD, J.O.; CLARKE, P. Study of free and occluded particulate organic matter in soils by solid state ¹³C CP/MAS NMR spectroscopy and electron microscopy. **Australian Journal of Soil Research**, v.32, p.285-309, 1994.

GOLCHIN, A.; BALDOCK, J.A E OADES, J.M. **A model linking organic matter decomposition, chemistry, and aggregate dynamics.** In R. Lal, J.M Kimble, R. F. Follette, and B.A. Stewartart (eds), Soil processes and the carbon cycle, CRC press, Boca Raton, FL, pp.245-266. 1998.

GREENLAND, D. J.; WILD, A.; ADAMS, D. **Organic matter dynamics in soils of the tropics - from myth to complex reality.** In: LAL, R.; SANCHEZ, P. A. Myths and science of soils of the tropics. SSSA, Special Publication n.29. Wisconsin: Copyright, 1992. p. 17-33.

GREGORICH, E. G., CARTER, M.R.; ANGERS, D.A., MONREAL, C. M. E ELLERT, B. H. **Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils.** Canadian Journal of Soil Sciences, v. 74, p. 367-385, 1994.

GREGORICH, E. G.; ELLERT, B. H. Light fraction and macroorganic matter in mineral soils. In: CARTER, M. R. (Ed.). **Soil sampling and methods of analysis.** Boca Raton: Lewis, 1993. p. 397- 407.

GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. A. **Métodos químicos e físicos**. In: SANTOS G. A. et al. (Eds.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo*. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. cap. 13. p.185-200.

HOANG FAGERSTROM, M.H.; NILSSON, S.I.; van NOORDWIJK, M.; THAI PHIEN, O.M.; HANSSON, A.; SVENSSON, C. **Does *Tephrosia candida* as fallow species, hedgerow or mulch improve nutrient cycling and prevent nutrient losses by erosion on slopes in northern Vietnam?** *Agric. Ecosyst. Environ.* 90:291-304. 2002.

HASSINK, J.; WHITMORE, A. P. **A model of the physical protection of organic matter in soils**. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 61, p.131-139, 1997.

HENKEL, KARL; AMARAL, IDEMÊ GOMES. Análise agrossocial da percepção de agricultores familiares sobre sistemas agroflorestais no nordeste do estado do Pará, Brasil. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciênc. hum.*, Belém, v. 3, n. 3, p. 311-327, Dec. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-1ng=en&nrm=iso>. Acesso em: 11 Jul. 2012.

HERMLE, S.; ANKEN, T.; LEIFELD, J.; WEISSKOPF. The effect of the tillage system on soil organic carbon content under moist, cold-temperate conditions. *Soil & Tillage Research*, 98(1):, 2008.

HOLSCHER, D.; MOELLER, R. F.; DENICH, M.; FOLSTER, H. **Nutrient input-output budget of shifting cultivation agriculture in Eastern Amazonia**. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.47, p.49-57, 1997.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Land use, Land-use change, and forestry**. ISBN: 92-9169-114-3. 2000.

ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid-atlantic soils as influenced by conservation management. *J. Soil Water Conser.*, 55:69-78, 2000.

IVERSEN, J. **Forest Clearence in the Stone Age**. *Scientific American*, v. 194, p. 36-41, 1956.

JOLY, C.A., AIDAR, M.P., KLINK, C.A., McGRATH, D.G., MOREIRA, A.G., MOUTINHO, P., NEPSTAD, D.C., OLIVEIRA, A.A., POTT, A., RODAL, M.J. & SAMPAIO, E.V. **Evolution of the Brazilian phytogeography classification systems: implications for biodiversity conservation**. *Ciência e cultura*, v.51, p.331-348, 1999.

JANZEN, H.H.; CAMPBELL, C.A.; BRANDT, S.A.; LAFOND, G.P.; TOWNLEY-SMITH, L. Light-fraction organic matter in soils from long-term crop rotations. *Soil Science Society of America Journal*, v.56, p.1799-1806, 1992.

JORGE, H.D.; LIMA, J. A. **Características químicas e aptidão agrícola de alguns solos de Rondônia**. In: *Seminário Agropecuário do Acre*, 2. ,1986. Rio de Janeiro.

JUO, A. S. R.; MANU, A. **Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture**. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 58(1):49-60, 1996.

KATO, M.S.A.; KATO, O.R.; DENICH, M.; VLEK, P.L.G. Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the eastern Amazon region: The role of fertilizers. *Field Crop Research*. 62: 225-237. 1999.

KATO, M.S.A.; CARVALHO, C.J.R.; FIGUEIREDO, R.O.; CAMARÃO, A.P.; SÁ, T.D.A. ; DENICH, M. & VIELHAUER, K. Uso de Agroflorestas no Manejo de Florestas Secundárias. IN: *Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável* Campos dos Goyatacazes, RJ : Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006.p. 119- 138.

KATO, O.R.; KATO, M.S.A.; DENICH, M.; VLEK, P.L.G. **Phosphorus availability in slashmulch system in Eastern Amazonia**. In: GERMAN-BRAZILIAN WORKSHOP ON NEOTROPICAL ECOSYSTEMS- ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF COOPERATIVE RESEARCH, 2000. Hamburg, Germany. Abstracts. Hamburg: (s.n.), 2000. p.261.

KATO, M.S.A.; KATO, O.R., JESUS, C.C. de, RENDEIRO, A.C.L. Genótipo de milho para plantio em sistema de corte e trituração. Belém. Embrapa Amazônia Oriental. 2002. 4p. (Embrapa Amazonia Oriental, Comunicado Técnico 65)

KATO, O. R. et. al. Uso de agroflorestas no manejo de florestas secundárias. In: Gama-Rodrigues, A. C. Da; et al. (Org.). *Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável*. Campos de Goytacazes: UENF, 2006, p.119-138.

KITAMURA, P. C.; RODRIGUES, G.S. **Avaliação de tecnologia e manejo para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar**. PPG7 Meeting, Belém, 2000.

LAL, R. & BRUCE, J.P. **The potential do world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect**. *Environ. Sci. Pollut.*, 2:177-185, 1999.

LAL, R. **The potential of soils of the tropics to sequester carbono and mitigate the greenhouse effect**. *Adv. Agron.*, 74:155-192, 2002

LAL, R., KIMBLE, J. M.; FOLLET, R. F. and COLE, C.V. **The Potential of U.S. Cropland to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect**. Boca Raton: Lewis Publishers. Inc., 1998.

LIMA, A. M. N. **Estoques de carbono e frações da matéria orgânica do solo sob povoamentos de eucalipto no Vale do Rio Doce – MG**. 2004. 130 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LIMA, S.S.; LEITE, L.F.C.; OLIVEIRA, F.C.; CASTRO, A.A.J.F.; COSTA, D.B.; GUALTER, R.M.R. **Teores de nutrientes da serapilheira e do solo sob sistema agroflorestal em área de transição no norte do Piauí**. *Revista Brasileira de Agroecologia*. 2007.

LIMA, S.S.; LEITE, L.F.C.; OLIVEIRA, F.C.; COSTA, D.B. Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em argissolo vermelho-amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore** 2011; 35(1): 51-60.

LUIZÃO, F.J.; TAPIA-CORAL,S.; GALLARDO-ORDINOLA, J.; SILVA, G. C.; LUIZÃO, R.C.C.; TRUJILLO-CABRERA, L.;WANDELLI, E.; FERNANDES, E. C. M. Ciclos biogeoquímicos em agroflorestas na Amazônia. IN: CBSAF.VI. 2006.

MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo por densidade e granulometria para a quantificação de compartimentos da matéria orgânica do solo: um procedimento para a estimativa pormenorizada do seqüestro de carbono pelo solo.** Rio de Janeiro, 2002. 6 p. (Comunicado técnico, n. 9)

MAC DICKEN, K.G.; VERGARA, N.T. **Agroforestry: Classification and management.** New York : John Wiley & sons, 1990. 382p.

MARTIN NETO L., ANDRIULO A.; TRAGHETTA, D.G.; **Fracionamento físico da matéria orgânica do solo e caracterização por espectroscopia do EPR.** N.10, p.17. Embrapa (Comunicado Técnico). 1996.

MARTINS, P. S. 2005. **Evolutionary dynamic in amazonian "Roça de caboclo".** Estudos Avançados, 19(53):209 -220 (in Portuguese, with abstract in English).

McDONALD. M.A.; HEALEY, J.R.; STEVENS, P.A. **The effects of secondary forest clearance and subsequent land-use on erosion losses and soil properties in the Blue Mountains of Jamaica.** Agric. Ecosyst. Environ. 92:1-19.2002.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F. & DEBARBA, L. **Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo.** In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.209-248.

MILLARD, P.; SOMMERKORN, M. & GRELET, G. **Environmental change and carbon limitation in trees: A biochemical, ecophysiological and ecosystem appraisal.** New Phytol., 175:11-28, 2007.

MORAN, E. F.; BRONDIZIO, E.; MAUSEL, P.; WU, Y. **Integrating Amazonian Vegetation, Land-Use, and Satellite Data.** Bioscience, 44(5):329-338. 1994

MOREIRA, F.M. & SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2002. 625p.

NAIR, P. K. R. **An introduction to Agroforestry.** The Netherlands, Kluwer Academic Publishers with ICRAF. 1993. p. 496.

NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E. **Total carbon, organic carbon and organic matter.** In: SPARKS, D.L.; PAGA, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T. & SUMMER, M.E., eds. Methods of soil analysis: Chemical methods. Part 3. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p.961-1010.

NEPSTAD, D. C.; VERÍSSIMO, A.; ALENCAR, A.; NOBRE, C.; LIMA, E.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; POTTERK, C.; MOUTINHO P.; MENDOZA, E.;

COCHRANE, M. e BROOKS, V. **Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and Fire.** *Nature*, v.398, p.505-508. 1999.

NEVES, C. M. N.; FELLER, C.; LARRÉ-LARROUY, M. C. **Matéria orgânica nas frações granulométricas de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes sistemas de uso e manejo.** *Ciências Agrárias, Pernambuco*, v. 26, p. 17-26, 2005.

NICOLOSO, R. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto.** 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

NOBRE, C. A.; NOBRE, A. D. **The carbon balance of brazilian amazon.** *Estudos Avançados*, 16(45):81-90 (in Portuguese, with abstract in English), 2002.

NYE, P. H.; GREENLAND, D. J. **The soil under shifting cultivation.** *Technical communications*, v. 51. Common. Bureau of Soils, Harpenden, UK, 1960.

OADES, J.M. **Soil organic matter and structural stability: Mechanisms and implications for management.** *Plant and Soil*. v. 76, p. 319-337, 1984.

PAUL, E. A.; CLARK, E.E. **Soil Microbiology and Biochemistry.** 2,ed. San Diego: Academic Press, 1996. 340p

PAUSTIAN, K.; SIX, J.; ELLIOTT, E.T. & HUNT, H.W. **Management options for reducing CO₂ emissions from agricultural soils.** *Biogeochemistry*, 48:147-163, 2000.

PENTEADO, A. R. **Problemas de colonização e de uso da terra na região Bragantina do estado do Pará.** Belém: Universidade Federal do Pará. 1967. 488 p.

PEREIRA, C. A.; VIEIRA, I. C. G. **A importância das florestas secundárias e os impactos de sua substituição por plantios mecanizados de grãos na Amazônia.** *Interciencia*, v. 26, p. 337-341, 2001.

PICCOLO, A. **Humus and soil conservation.** In: PICCOLO, A. (Ed.). *Humic substances in terrestrial ecosystems.* Amsterdam: Elsevier, 1996. p.225- 264.

PILLON, C.N. **Alterações no conteúdo e qualidade da material orgânica do solo induzidas por sistemas de cultura em plantio direto.** 2000. 232 p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) - Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS.

PRIMAVESI, A.A. **Materia orgânica.** In: *Manejo ecológico do solo.* 7 ed. São Paulo: Nobel, 1984.

RAWLS, W. J.; PACHEPSKY, Y. A.; RITCHIE, J. C.; SOBECKI, T.M. E BLOODWORTH, H. **Effect of soil organic carbon on soil water retention.** *Geoderma*. v. 116, p. 61-76, 2003.

RIOS, M.; Martins-da-Silva, R.C.V.; SABOGAL, C.; MARTINS, J.; SILVA, R.N.; BRITO, R.R.; BRITO, I.M.; BRITO, M.F.C.; SILVA, J.R.; RIBEIRO, R.T. **Benefícios das**

plantas da capoeira para a comunidade de Benjamin Constant, Pará, Amazônia Brasileira. Belém, CIFOR. 54 p. 2001

RODRIGUES, R, C. **Biomassa microbiana e acúmulo de liteira em sistemas agroflorestais composto por Meliaceas utilizadas como indicadores biológicos de qualidade do solo.** 2006. 101p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, PA. 2006.

ROSCOE, R.; BUURNMAN, P.; VELTHORST, E.J.; VASCONCELLOS, C.A. **Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the 13C/12C isotopic ratio in a Cerrado's oxisol.** *Geoderma*, v.104, p.185-202, 2001.

ROSCOE, R. & BUURMAN, P. **Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol.** *Soil Tillage Res.*, 70:107-119, 2003.

ROSCOE, R. & MACHADO, P.L.O.A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica.** Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2002. 86p.

ROSCOE, R.; MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo na obtenção de compartimentos mensuráveis para uso em simuladores da dinâmica da matéria orgânica.** In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. *Dinâmica da Matéria Orgânica do Solo em Sistemas Conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares.* Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 2006, p.107-132.

ROUW, A. de. **The fallow period as a weed-break in shifting cultivation (tropical wet Forests).** *Agric. Ecosyst. Environ* 54:31-43.1995.

SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; DICK, W.A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.E. **Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol.** *Soil Science Society American Journal*, v.65, p.1486-1499, 2001.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J. **Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um podzólico vermelho-escuro de Eldorado, RS.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 19, n. 2, p. 313-319, maio/ago. 1995.

SANCHES-ACOSTA, M. **Experiência argentina en el uso de la madera de eucalipto.** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1., 1995, São Paulo. Anais... Piracicaba: IPEF/IPT, 1995. p. 74-91.

SANCHEZ, P. **Properties and management of soils in the tropics.** New York: John Wiley, 1976. 618 p.

SANTOS, H.P.; TOMM, G.O. **Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo.** *Ciência Rural*, 33(3): 477-486. 2003.

SARRANTONIO, M.; DORAN, J.W.; LIEBIG, M.A. & HALVORSON, J.J. **On-farm assessment of soil quality and health**. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J., eds. *Methods for assessing soil quality*. Madison, SSSA, 1996. p.83-105. (Special, 49)

SCHÜLE, W. **Antropogenic trigger effects on Pleistocene climate?** *Global Ecology and Biogeography Letters*, v. 2 , p. 33-36, 1992a.

SILVA, L. M.V.; PASQUAL, A. **Dinâmica e modelagem da matéria orgânica do solo com ênfase ao ecossistema tropical**. *Energia na agricultura*, 14(3): 13-24. 1999.

SILVA, C.A. & MACHADO, P.L.O.A. **Sequestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas: Estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2000. 23p. (Documentos, 19).

SIX, J.; ELLIOTT, E. T.; PAUSTIAN, K.; DORAN, J. W. **Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils**. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 62, p. 1367-1377, 1998.

SIX, J.; CALLEWAERTC, P.; LENDERS, S.; DE GRYZE, S.; MORRIS, S.J.; GREGORICH, E. G.; PAUL and, E. A.; PAUSTIAN, K. **Measuring and understanding carbon storage in afforested soils by physical fractionation**. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v. 66, n. 6, p. 1981-1987, Nov./Dec. 2002.

SMITH, J.; FERREIRA, S.; KOP, P.V.D.; FERREIRA, C.P.; SABOGAL, C. **The persistence of secondary forests on colonist farms in the Brazilian Amazon**. *Agroforestry Systems*, v.58, p.125- 135, 2003

SOLLINS, P; HOMANN, P.; CALDWELL, B.A. **Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls**. *Geoderma*, Amsterdam, v.74, p.65- 105, 1996.

SOMMER, R.; SÁ, T.D. de A.; VIELHAUER, K.; VLEK, P.L.G.; FOLSTER, H. **Water and nutrient balance under slash-and-burn agriculture in the Eastern Amazon, Brazil – The role of a deep rooting fallow vegetation**. In: *INTERNATIONAL PLANT NUTRITION COLLOQUIUM 'FOOD SECURITY AND SUSTAINABILITY OF AGROECOSYSTEMS'*, 14, 2001. *Proceedings...*, 2001. p. 1014-1015.

SOMMER, R. **Water and nutrient balance in deep soils under shifting cultivation with an without burning in the Eastern Amazon**. Cuvillier, Göttingen, Germany, 2000. 240p.

STEVENSON, F. J. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. New York: John Wiley & Sons, 1994. 496 p.

STEVENSON, F.J. & ELLIOT, E.T. **Methodologies for assessing the quantity and quality of soil organic matter**. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (Eds.) *Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems*. Honolulu: University of Hawaii, p.173-199, 1989.

SAUERBECK, D.R. **CO₂ emissions and C sequestration by agriculture: Perspectives and limitations.** Nutr. Cycl. Agroecosyst., 60:253-266, 2001.

SZOTT, L. T.; PALM, C. A.; BURESH, R. J. **Ecosystem fertility and fallow function in the humid and subhumid tropics.** Agroforestry Systems, 47(1-3):163-196, 1999.

TIPPMANN, R. **Assessment of carbono sequestration in landscape under the clean development mechanism of the kyoto Protocol.** Diploma thesis. ZEF, Bonn/Department of geography univercity of Bonn, Germany, 2000.

UHL, C. **Factors controlling succession following slash-and-burn agriculture in Amazonia.** Journal of Ecology, v.75, n. 2, p. 377-407, 1987

VOGT, K.A.; VOGT, D.J.; BROWN, S.; TILLEY, J.P.; EDMONDS, R.L.; SILVER, W.L.; SICCAMMA, T.G. **Dynamics of forest floor and soil organic matter accumulation in boreal, temperate, and tropical forests.** In: LAL, R. et al. (Eds.). Soil Management and Greenhouse Effect. Flórida: CRC Press, 1995. p.159-178.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil management.** University of East Anglia, Norwich, UK. Ed. 2 pp.viii + 320 pp. ref.36 pp. 1997

ZECH, Z.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T. M.; MILTNER, A. e SCHROTH, G. **Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics.** Geoderma, v.79, p.69-116, 1997

ZINN, Y.L.; LAL, R. & RESCK, D.V.S. **Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil.** Soil Till. Res., 84:28-40, 2005.

3 TEOR E ESTOQUE DE CARBONO E NITROGÊNIO EM SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NA AMAZONIA ORIENTAL

RESUMO

A mudança no uso da terra, provocada pela ação humana, tem o potencial de alterar significativamente a dinâmica da Matéria Orgânica do Solo (MOS), a qual constitui um reservatório de materiais diferentes quanto à origem, composição e dinâmica. O presente estudo objetivou avaliar os teores e estoques de carbono e nitrogênio do solo sob sistemas de uso da terra. O estudo foi realizado na Amazônia Oriental, Nordeste do Pará, no município de Igarapé-Açu, em solo Latossolo Amarelo. As áreas experimentais eram situadas nas comunidades de Cumarú (Travessa Cumarú), Nova Olinda (em propriedades de pequenos produtores rurais) e UFRA- FEIGA. Os sistemas de uso da terra estudados foram: T1 CC(Cumarú Capoeira), T2 CSQT (Cumarú sem queima triturado), T3 CQ(Cumarú queima), T4 UFC (UFRA Capoeira), T5 UFSQT (UFRA sem queima triturado), T6UFQ (UFRA-queima), SAF 1 CT (SAF Capoeira Plantio), SAF 1 PT(SAF plantio triturado), SAF 2 C (SAF Capoeira) SAF 2 QP(SAF queimado e plantio). Foram coletadas amostras de solos nas profundidades 0-5cm, 5-10 cm e 10-20 cm para análise granulométrica e concentração de carbono e nitrogênio por combustão em analisador elementar LECO CHN-S TRUSTEC. As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância, comparadas pelo teste de SNK. Foi utilizado o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2007). Houve Influência dos sistemas de uso da terra no estoque de carbono, ou seja, o sistema de uso da terra, sem queima e com trituração, aliado a textura argilosa contribuiu para que o sistema mantenha o carbono estocado no solo. Isso contribui para que não haja perda de nutrientes no solo. Os teores de carbono nos sistema sem queima e trituração apresentaram valores mais altos em superfície, em detrimentos dos sistemas com queima.

Palavras-chave: Estoque de Carbono e Nitrogênio; Matéria Orgânica; Queima.

CONTENT AND STOCK OF CARBON AND NITROGEN IN SOIL UNDER DIFFERENT SYSTEMS MANAGEMENT IN EASTERN AMAZON

ABSTRACT

The change in land use, caused by human action, has the potential to significantly change the dynamics of Soil Organic Matter (SOM), which is a reservoir of different materials as to origin, composition and dynamics. The present study aimed to evaluate soil carbon and nitrogen contents and stocks under land use systems. The study was carried out in the Eastern Amazonia, Northeast of Pará, in the municipality of Igarapé-Açu, on Yellow Latosol soil. Experimental areas were located in the communities of Cumarú (Travessa Cumarú), Nova Olinda (on small farms' properties) and UFRA-FEIGA. The land use systems studied were: T1 CC (Cumarú Capoeira), T2 CSQT (Cumarú without crushed burning), T3 CQ (Cumarú burning), T4 UFC (UFRA Capoeira), T5 UFSQT (UFRA without grinding), T6UFQ SAF 1 C (SAF Capoeira Plantio), SAF 1 PT (SAF planted crushed), SAF 2 C (SAF Capoeira) SAF 2 QP (SAF burned and planted). Soil samples were collected at depths of 0-5 cm, 5-10 cm and 10-20 cm for particle size analysis and carbon and nitrogen concentration on LECO CHN-S TRUSTEC elemental analyzer. The studied variables were submitted to analysis of variance,

compared by the SNK test. The statistical program SISVAR (FERREIRA, 2007) was used. There was influence of the land use systems in the carbon stock, that is, the system of land use, without burning and grinding, together with the clay texture contributed to the system to keep the carbon stored in the soil. This contributes to the loss of nutrients in the soil. The carbon contents in the system without burning and grinding showed higher values at the surface, at the expense of the systems with burning.

Keywords: Carbon Stock and Nitrogen; Organic matter; Burn.

3.1 Introdução

As mudanças nos usos da terra, são principalmente provocada pela ação humana, a qual tem o potencial de alterar significativamente a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS), a qual constitui um reservatório de materiais diferentes quanto à origem, composição e dinâmica. Assim, os estoques de C e de N contidos nos solos podem ser submetidos a modificações, quando a vegetação nativa é retirada para a conversão da área em sistemas agrícolas. Conforme o sistema de manejo do solo empregado, esses estoques podem permanecer estáveis, aumentar ou diminuir em relação ao sistema natural.

No solo o carbono é o seu principal constituinte, perfazendo 58 % de sua composição. Atualmente a uma maior preocupação na manutenção do conteúdo do carbono no solo devido a sua importância em diversos processos, mas também ao seu papel ambiental na mitigação do efeito estufa.

De acordo com Santos e Camargo (1999) nos solos, o C orgânico (CO) é resultante da decomposição de plantas e de animais, além de fontes de CO por atividades antrópicas, como derramamentos ou lançamentos de poluentes no ambiente. Com a decomposição da MOS a maior parte do C é liberada para a atmosfera na forma de CO₂, e o restante do C decomposto passa a fazer parte da MO, como um componente do solo⁵.

Assim, sendo um componente dinâmico no solo, a MO é sensível ao manejo realizado. As mudanças de uso e manejo do solo, como a conversão de áreas de vegetação nativa em agricultura, a prática de queimadas, provocam a transferência de parte dos estoques de C da biomassa superficial e do solo para a atmosfera, contribuindo de forma significativa para o aumento de CO₂ atmosférico.

⁵ Em Machado (2005) indica que em condições de vegetação natural, o conteúdo de MO é estável, e o estoque de C representa o balanço dinâmico entre a adição de material vegetal (C adicionado) e a perda de C na forma de CO₂ produzido durante a decomposição ou mineralização do C decomposto, porém, alterações provocadas no solo, como o cultivo convencional de culturas, em que o solo é revolvido, geralmente provocam decréscimo no conteúdo de MO, o qual passa a ser determinado pela relação entre as novas taxas de adição e perda de compostos orgânicos.

Desta forma, podemos destacar sobre os diferentes tipos de manejo do solo (sistema de plantio convencional, sistema de plantio direto, etc), e das plantas agrícolas (rotações de culturas utilizadas, cobertura do solo, adubação verde, etc), irão determinar a contribuição das atividades agrícolas sobre os fluxos de C. Sistemas de manejo de solos que sequestram C podem contribuir, portanto, para um melhor controle dos fluxos dos GEE.

Segundo Bernoux et al.(2006) apresentam que o solo representa o segundo maior reservatório superficial de C, e uma série de estudos tem demonstrado a relação deste com o efeito estufa e apontado este meio natural como importante sumidouro (dreno) de C atmosférico, quando realizadas práticas que promovam o aumento do CO do solo.

A matéria orgânica do solo (MOS) é considerada uma das principais fontes de energia e nutrientes ao sistema, capaz de manter a produtividade dos solos em geral. Dentre outros benefícios gerados pela MOS, destacam-se a melhoria das condições físicas do solo e o fornecimento de energia para o crescimento microbiano, o que reflete em maior ciclagem de nutrientes e aumento da CTC do solo. Estes e outros benefícios conferem à MOS um papel fundamental na avaliação da qualidade do solo. (SILVA & RESCK, 1997; PAES et al., 1996; MIELNICZUK et al., 2003).

Estudos recentes revelam que a substituição da vegetação nativa por sistemas agrícolas cultivados resulta no decréscimo do aporte de C nos diferentes compartimentos da MOS. Tais perdas decorrem, em grande parte, do tipo de sistema de manejo adotado nas mais diversas condições de ambiente. Nesse contexto, os sistemas agrícolas convencionais, caracterizados pelo intenso revolvimento do solo e pelo uso de elevadas quantidades de adubos químicos e pesticidas, contribuem, mais intensamente, para as perdas de C orgânico do solo (MARCHIORI JUNIOR & MELO, 2000; LEITE ET AL., 2003; MIELNICZUK ET AL., 2003).

Diante desses estudos, desenvolve-se o processo de degradação química, física e biológica do solo, tendo como produto a redução de produtividade das culturas exploradas, cada vez mais acentuada com o manejo inadequado e o uso contínuo do solo.

Por outro lado, segundo BAYER et al. (2000) apresentam que tem-se aumentado o interesse em avaliar os efeitos das opções de manejo com práticas conservacionistas que priorizem o aporte de MOS. Segundo tais estudos, o manejo menos intensivo do solo promoveu acréscimos consideráveis no conteúdo total de C no solo e teve ação efetiva nas variações dos diferentes compartimentos da MOS. Nesse sentido, torna-se de fundamental importância a avaliação dos indicadores mais sensíveis às práticas de manejo, visando ao monitoramento dos impactos positivos ou negativos sobre o solo.

Em análises na natureza, o solo comporta-se como um sistema aberto, trocando matéria e energia com o meio. O sistema atinge um estado estável quando as taxas de adição e

perdas se equivalem. Dentro desse conceito, a adição de matéria orgânica ocorre via adição de carbono pela síntese de compostos orgânicos no processo de fotossíntese.

A quantidade adicionada de carbono em determinadas condições edofoclimáticas depende de espécies e dos sistemas de cultura utilizados. Já as perdas de carbono ocorrem principalmente pela liberação de CO₂ na respiração, pela decomposição microbiana dos resíduos e da matéria orgânica dos solos e pelas perdas de compostos orgânicos por lixiviação e erosão. A magnitude desses processos, em dadas condições edafoclimáticas, dependem direta ou indiretamente do manejo do solo.⁶

Para Bayer (2004) o aporte contínuo de material senescente da parte aérea das árvores pode devolver ao solo grande quantidade de material orgânico, representando nas florestas tropicais, a forma mais significativa de transferência de nutrientes à superfície do solo. O aporte de material orgânico, se associado ao menor revolvimento do solo, contribui para a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. Em sistemas agroflorestais (SAFs) o aporte constante de material senescente das árvores promove essa melhoria.

Em Desjardins et al., (2004) destacam sobre as práticas de manejo e a utilização antrópica do meio são fatores que controlam a mineralização e a humificação da matéria orgânica. Dentre esses fatores pode-se citar: a natureza dos aportes orgânicos, ou seja, resíduos vegetais, animais ou de origem microbiana, os organismos do solo, a mineralogia, estrutura, aeração e textura do solo.

Sendo assim, um sistema agrícola pode apresentar diferenças significativas em seu estoque de carbono do solo, sendo que essas diferenças são atribuídas a variação de manejo empregado e ao tempo em que a mudança do uso da terra ocorreu. Assim, Belzário (2008) para Sistemas como o plantio direto podem reduzir as emissões de CO₂ pelo maior acúmulo de material vegetal sob o solo. Um sistema de manejo adequado pode acarretar em alta produtividade de biomassa e favorecer características do solo que melhorem seu estado de organização e estrutura.

Entretanto, com a retirada da floresta e o manejo intensivo e inadequado dos solos, reduz-se a qualidade destes, diminuindo em consequência, a produtividade das culturas e a sustentabilidade dos agroecossistemas. Neste contexto, o presente estudo objetivou avaliar os teores e estoques de carbono e nitrogênio do solo nos diferentes sistemas de uso da terra estudados.

⁶ Os solos no bioma amazônico são, em geral, ácidos e com baixa fertilidade natural. A manutenção de sua qualidade está na dependência do aporte de matéria orgânica e da ciclagem dos nutrientes.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Caracterização das Áreas de estudo

O município de Igarapé-Açu localizado na microrregião Bragantina, pertencente à mesorregião do nordeste paraense. A sede municipal tem as seguintes coordenadas geográficas: 01°07'33'' de latitude sul e 47°37'27'' de longitude a oeste de Greenwich.

As áreas experimentais são as comunidades de Cumaru (Travessa Cumaru), Nova Olinda (em propriedades de pequenos produtores) e UFRA/FEIGA, com as seguintes coordenadas geográficas: 1° 11' 23,5'' S e 47° 31' 59,5'' W; 1° 02' 33,8'' S e 47° 29' 47'' W, mais 1° 07' 15,5'' S e 47° 36' 12,7'' W.

Os solos da Região Bragantina apresentam características pedológicas relativamente uniformes em grande parte da região. Devido às características do material parental e em virtude de processos de lixiviação, os sedimentos são extremamente oligotróficos⁷, dando origem a solos com baixa oferta de nutrientes (DENICH, 1989; DENICH, 1991; NUNEZ, 1995; KATO, 1998).

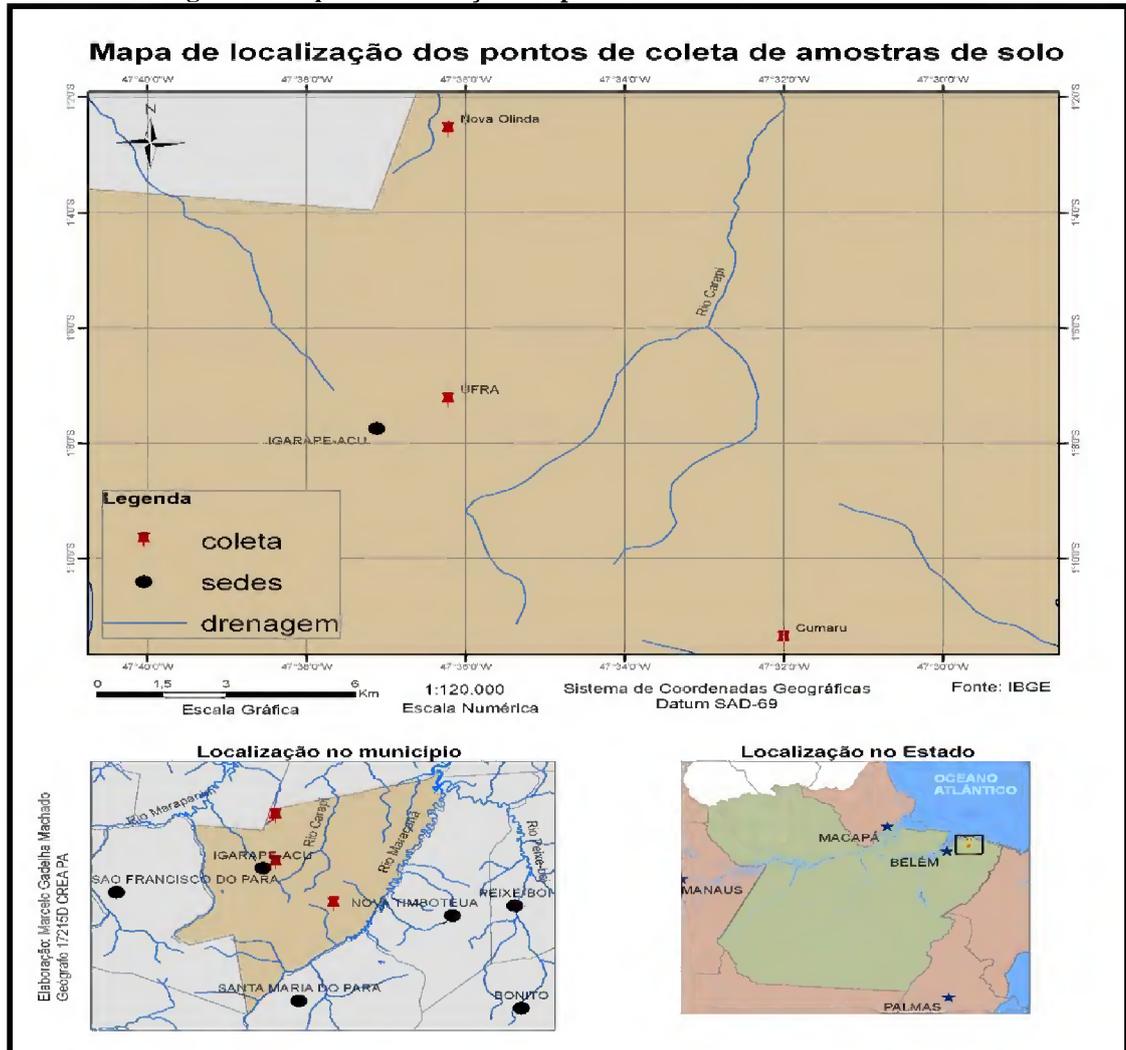
No município de Igarapé-Açu, o solo dominante é o Latossolo Amarelo com horizonte A moderado, textura média, sendo que algumas porções apresentam o caráter concrecionário em terra firme, além da presença de solos hidromórficos encontrados nas várzeas dos rios que servem o município. De acordo com Gama (2002), com “o uso intensivo da agricultura itinerante e com a erosão laminar do horizonte superficial, parte dos solos da Região Bragantina começaram a apresentar uma relação textural do horizonte B sob o A bastante elevada (abrupta)”.

Podemos observar na Figura 1 - Mapa de localização dos pontos de coleta de amostras de solo, produzido e desenhado por nossa autoria.

Constatou-se que em estudo realizado por Kanashiro e Denich (1998), o solo foi classificado como Podzólico Amarelo álico, que pela atual classificação brasileira são denominados de Argissolo Amarelo distrófico, com textura variando de arenosa a média (EMBRAPA, 1999; EMBRAPA, 2005). Na área experimental da UFRA, prevalece um solo areno-argiloso (KATO, 1998). (Ver Figura 1)

⁷ De acordo com Infopédia (2012), relativo a oligotrofia; Ecologia diz-se do solo pobre em nutrientes minerais; Ecologia diz-se do lago ou do rio cujas águas são pobres em nutrientes e têm, conseqüentemente, baixa taxa de produção de matéria orgânica.

Figura 1- Mapa de localização dos pontos de coleta de amostras de solo



Fonte: Souza, 2012.

O clima está incluído na categoria do equatorial megatérmico úmido, correspondente ao tipo Ami, da classificação de Köppen. A temperatura média anual está entre 25 °C e 27 °C, com máximas que podem chegar a 40 °C, e pequena amplitude térmica. Apresenta precipitação pluviométrica abundante, com média anual em torno de 2.500 mm e umidade relativa do ar média em torno de 85%, com estação chuvosa entre os meses de dezembro a maio e, a menos chuvosa, de junho a novembro (BASTOS, 2000).

Na Tabela 1 a seguir trata dos atributos físico-químicos do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo:

Tabela 1- Atributos físico-químicos do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo

Trat	Prof	Ds	pH	MO	P	K	Na	Ca	Mg	Al
	(cm)	kg.dm ⁻³	H ₂ O	g kg ⁻¹mg.dm ⁻³cmolec.dm ⁻¹			
T1		1,20	5,15	11,30	3,75	19,0	12	1,98	0,63	0,43
T2		1,26	4,98	9,18	3,75	14,00	7,50	0,93	1,38	0,43
T3		1,05	4,98	10,35	5,50	20,00	9,00	1,60	2,08	0,33
T4		1,13	4,80	22,46	4,00	30,25	20,50	1,58	2,23	0,75
T5	0-5	1,45	4,95	19,00	5,75	38,00	14,00	2,58	3,30	0,28
T6		1,24	5,05	16,94	3,50	36,00	14,00	2,93	3,75	0,13
T7		1,26	5,42	12,78	1,75	17,75	9,5	1,5	0,60	0,4
T8		1,25	5,28	12,68	6,50	33,00	13,00	2,60	3,48	0,10
T9		1,16	5,29	12,93	4,0	25,25	10,5	2,05	0,75	0,33
T10		13,4	5,50	11,78	3,25	23,50	8,0	2,28	1,15	0,10
T1		1,33	4,95	9,33	3,25	13,25	9	1,08	0,53	0,58
T2		1,41	4,55	11,68	5,50	16,00	8,00	0,78	1,20	0,95
T3		1,25	4,73	12,77	5,00	17,75	9,00	1,23	1,60	0,63
T4		1,23	4,73	12,91	2,00	21,00	12,75	0,68	1,10	0,93
T5	5-10	1,49	4,80	16,25	5,00	26,00	12,75	1,80	2,55	0,55
T6		1,43	5,23	15,03	2,00	22,50	10,75	2,25	2,93	0,25
T7		1,30	5,27	9,30	1,75	14,0	7,0	1,20	0,55	0,5
T8		1,44	5,33	14,19	5,75	25,50a	9,50	2,48	3,33	0,20
T9		1,17	5,10	13,10	4,0	20,0	9,0	1,25	0,75	0,53
T10		1,40	5,42	11,42	2,25	22,25	6,5	1,80	1,40	0,20
T1		1,43	4,80	7,31	3,25	12,75	8	0,73	0,43	0,65
T2		1,39	4,50	0,13	10,50	4,50	12,25	6,50	0,60	0,93
T3		1,41	4,70	7,41	4,00	17,75	8,50	0,80	1,33	0,70
T4		1,50	4,73	12,05	2,00	17,50	10,00	0,63	1,03	1,08
T5	10-20	1,57	4,93	13,62	3,25	19,50	8,50	1,05a	1,53	0,85
T6		1,52	5,08	12,37	1,25	16,00	10,00	1,43	1,95	0,48
T7		1,44	5,01	9,63	1,25	14,0	8,0	0,9	0,47	0,5
T8		1,53	5,15	9,85	3,50	18,50	7,00	1,33	2,08	0,38
T9		1,43	5,05	11,17	2,25	16,25	7,05	0,85	0,8	0,75
T10		1,47	5,12	11,78	2,25	17,25	6,5	1,25	0,7	0,37

Fonte: Souza, 2012.

Trat.= Tratamentos; Ds= Densidade do solo (kg.dm⁻³); pH = potencial hidrogênico; Ca⁺⁺;Mg⁺⁺ K⁺ e Na⁺ trocáveis; Al⁺³ = alumínio trocável; P = fósforo disponível; profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3= CMQ (Cumaru queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açu-PA

A vegetação predominante em Igarapé-Açu é representada pela floresta secundária, proveniente da remoção da floresta primária, para a implantação de cultivos de subsistência. Composição florística do município, como podemos observar na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Composição florística de espécies mais abundantes, levantadas em florestas secundárias do nordeste do Pará.

Família	Espécie	Alwi FM600		Família	Espécie	Tritucap	
		D	Dr (%)			D	Dr (%)
Cyperaceae	<i>Scleria pterota</i> Prosl.	892	14,0	Poaceae	<i>Pariaria campestris</i> Aubl.	1.297	15,7
Myrtaceae	<i>Myrciaria tenella</i> (DC) O. Berg	779	12,2	Myrtaceae	<i>Myrciaria tenella</i> (DC) O. Berg	784	9,5
Rubiaceae	<i>Spermacoe latifolia</i> Aubl.	544	8,6	Poaceae	<i>Imperata brasiliensis</i> Trin.	781	9,4
Poaceae	<i>Imperata brasiliensis</i> Trin.	538	8,5	Dilleniaceae	<i>Davilla rugosa</i> Poir.	429	5,2
Poaceae	<i>Pariaria campestris</i> Aubl.	446	7,0	Poaceae	<i>Homolepis aturensis</i> Chase	389	4,7
Rubiaceae	<i>Spermacoe verticillata</i> L.	390	6,1	Lacistemataceae	<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	363	4,4
Poaceae	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	248	3,9	Myrtaceae	<i>Myrcia bracteata</i> (Rich.) DC	299	3,6
Poaceae	<i>Panicum pilosum</i> Sw.	224	3,5	Myrtaceae	<i>Myrcia sylvatica</i> DC.	264	3,2
Dilleniaceae	<i>Davilla rugosa</i> Poir.	191	3,0	Mimosaceae	<i>Inga heterophylla</i> Willd.	253	3,1
Lacistemataceae	<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	190	3,0	Cyperaceae	<i>Scleria pterota</i> Prosl.	249	3,0
Mimosaceae	<i>Inga heterophylla</i> Willd.	146	2,3	Capparaceae	<i>Citrome</i> sp.	229	2,8
Poaceae	<i>Paspalum maritimum</i> Trin.	119	1,9	Connaraceae	<i>Rourea doniana</i> Baker	155	1,9
Myrtaceae	<i>Myrcia sylvatica</i> DC.	103	1,6	Connaraceae	<i>Rourea ligulata</i> Baker	123	1,5
Lamiaceae	<i>Hyptis atrorubens</i> Poir.	99	1,6	Myrtaceae	<i>Myrciaria floribunda</i> Berg.	122	1,5
Connaraceae	<i>Bernardinia fluminensis</i> (Gardner) Planch.	78	1,2	Sapindaceae	<i>Serjania paucidentata</i> DC.	103	1,2
Myrtaceae	<i>Myrcia bracteata</i> (Rich.) DC.	76	1,2	Flacourtiaceae	<i>Casearia arborea</i> Urb.	93	1,1
Boraginaceae	<i>Cordia multispicata</i> Cham.	73	1,1	Connaraceae	<i>Bernardinia fluminensis</i> Planch.	90	1,1
Bignoniaceae	<i>Memora allamandiflora</i> Bureau K. Schum.	60	0,9	Bignoniaceae	<i>Memora allamandiflora</i> Bureau ex K. Schum.	80	1,0
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus orbiculatus</i> Rich.	59	0,9	Rhamnaceae	<i>Gouania cornifolia</i> Reiss.	79	1,0
Melastomataceae	<i>Pterolobis trichotoma</i> (Roth.) Cogn.	57	0,9	Solanaceae	<i>Solanum caeururana</i> Vell.	78	0,9
Connaraceae	<i>Rourea ligulata</i> Baker	55	0,9	Annonaceae	<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	74	0,9
Asteraceae	<i>Wulffia baccata</i> (L.) Kuntze	46	0,7	Caesalpiniaceae	<i>Cassia hoffmannseggii</i> Benth. in Mart.	73	0,9
Asteraceae	<i>Bidens cynapiifolia</i> Kunth.	45	0,7	Asteraceae	<i>Wulffia baccata</i> (L.) Kuntze	72	0,9
Cyperaceae	<i>Dichromena ciliata</i> Vahl	41	0,6	Apocynaceae	<i>Tabernaemontana angulata</i> Mart. ex Müll. Arg.	65	0,8
Flacourtiaceae	<i>Banara guianensis</i> Aubl.	40	0,6	Flacourtiaceae	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	64	0,8
Strelitziaceae	<i>Phenakospermum guianense</i> Endl.	36	0,6	Caesalpiniaceae	<i>Senna chrysocarpa</i> (Desvoux) H.S. Irwin & R.C. Barneby	62	0,7
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum</i> sp.	35	0,6	Flacourtiaceae	<i>Banara guianensis</i> Aubl.	59	0,7
Bignoniaceae	<i>Memora flavida</i> Bureau & K. Schum.	34	0,5	Cecropiaceae	<i>Cecropia palmata</i> Willd.	59	0,7
Schizaceae	<i>Lygodium venustum</i> Sw.	28	0,4	Rubiaceae	<i>Sabicea aspera</i> Aubl.	55	0,7
Fabaceae	<i>Abarema cochleata</i> (Willd.) Barnaby & Grimes	26	0,4	Caesalpiniaceae	<i>Bauhinia macrostachya</i> Benth.	53	0,6
	Outras 88 espécies	664	10,4		Outras 127 espécies	1.376	16,6

Fonte: Pesq. Agropec. bras. (2007).

Constata-se que a vegetação predominante em Igarapé-Açu é representada pela floresta secundária, proveniente da remoção da floresta primária, para a implantação de cultivos de subsistência. Na região há uma tendência quanto à conversão das florestas primárias e secundárias em extensas pastagens. Nas margens dos rios e riachos encontra-se a vegetação de galeria. Antes da intervenção humana, predominava na região a vegetação primária de Floresta Equatorial Perenifólia, as várzeas e igapós e campos inundados que, atualmente, estão restritos a algumas localidades.

Hoje, a região tem uma paisagem agrícola bastante expressiva e a cobertura vegetal é dominada por lavouras que se alternam com a capoeira, devido ao corte-e-queima da agricultura familiar. Nas propriedades rurais de Igarapé-Açu, mais da metade da área é ocupada por capoeira em diferentes estágios de desenvolvimento, provenientes da remoção da floresta primária para a implantação de cultivos de subsistência (16% até quatro anos de idade e 50% mais de quatro anos), enquanto as florestas (naturais e plantadas) ocupam apenas 7,5% da área útil (DENICH; KANASHIRO, 1993; RODRIGUES, 1996; KATO, 1998).

3.2.2 Geologia e Relevo

A partir do conhecimento das áreas em estudo, verifica-se que similar a toda à Microrregião Bragantina, o município de Igarapé-Açu apresenta características sedimentares do Terciário Barreira e Quaternário Subatual e antiga. Na região foram identificadas as unidades morfoestruturais de Planície fluviais e flúvio-marinhas, com mangues e Planalto rebaixado da Amazônia.

As planícies fluviais e flúvio-marinhas com mangues foram identificadas em uma faixa de planície margeando os principais cursos d'água que sofrem inundação na época chuvosa, formada pela deposição dos sedimentos fluviais. Ocorrem, também, faixas a margem do Rio Maracanã que sofrem influência da água do mar por efeito das marés, formadas por sedimentos flúvio-marinhos, sendo observada a presença de áreas de mangues.

O Planalto Rebaixado da Amazônia está localizada ao sul do litoral de rias, como acontece na Folha Marapanim, continua num planalto rebaixado, já identificado em folhas imediatamente ao sul. Sua estrutura geológica é da Formação Barreiras. Localmente, a dissecção do planalto seguiu elementos naturais, principalmente linhas de fraturas. Nesse planalto estão compreendidos relevos planos, com Latossolos sob vegetação secundária (capoeira), e relevo suave ondulado e ondulado com solos Argilossolos Amarelos e Latossolos Amarelos, ambos sob o mesmo revestimento florístico secundário. Nesta unidade morfo-estrutural os solos são formados por sedimentos terciários da Formação Barreiras (BRASIL, 1973).

Em decorrência da estrutura geológica o relevo é bastante simples, representado pelos baixos tabuleiros do Grupo Barreiras, terraços do Quaternário Antigo e várzeas do Quaternário Recente. Corresponde, regionalmente, à unidade morfo-estrutural do Planalto Rebaixado da Microrregião Bragantina. (IDESP, 1997)

É importante ressaltar sobre o histórico das áreas de estudo, pois na tabela 3 a seguir demonstra o experimento Cumaru Capoeira (14 anos)

Tabela 3 - Histórico de Áreas de Estudo Experimento Cumaru/Capoeira 14 anos

Experimento Cumaru	
Sem Queima(triturado)	Com Queima
1995 e 1996 arroz, caupi e mandioca	1995 e 1996 arroz, caupi e mandioca
1997 e 1998 arroz, caupi e mandioca	1997 e 1998 arroz, caupi e mandioca
1999 a 2001 pousio	1999 a 2001 pousio
2002 e 2003 arroz, caupi e mandioca	2002 e 2003 arroz, caupi e mandioca
2004 e 2005 arroz, caupi e mandioca	2004 e 2005 arroz, caupi e mandioca
2006, 2007, 2008 e 2009 pousio	2006, 2007, 2008 e 2009 pousio
2010 e 2011 mandioca	2010 e 2011 mandioca

Fonte: Pesquisa de campo, município de Igarapé-Açú – PA, 2011.

Na área referente à localidade de Cumaru (Tabela 3), que houveram modificações neste experimento, pois verificou-se que após os preparos com derruba e queima da vegetação e sem queima e com trituração da vegetação, no município de Igarapé-Açú, foram cultivados arroz (*Oriza sativa*), caupi (*Vigna unguiculata*) e mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), nos períodos de 1995 a 1998. A área de cultivo entrou em pousio de 1999 a 2001, sendo que no período de 2002 a 2005 voltou a receber as mesmas culturas. Entrou em pousio novamente no período de 2006 a 2009, recebendo o cultivo da mandioca em 2010/2011.

Tabela 4 - Experimento UFRA

Experimento UFRA		
Capoeira	Sem queima(triturado)	Queimado
15 anos	2002 e 2003 milho e mandioca + enriquecimento com Acacia mangium Willd	2002 e 2003 milho e mandioca
	2003 e 2004 pousio e enriquecimento	2003 e 2004 pousio natural
	2005 e 2006 milho e mandioca	2005 e 2006 pousio natural
	2006 e 2007 caupi e mandioca + enriquecimento com Inga edulis e a Acacia mangium Willd	2007 e 2008 milho e mandioca
	2008 e 2009 pousio e enriquecimento	2008 e 2009 pousio natural
	2010 e 2011 milho e mandioca	2010 e 2011 pousio natural

Fonte: Pesquisa de campo, município de Igarapé-Açu – PA, 2011.

Como podemos verificar na Tabela 04, sobre o experimento da UFRA que demonstrou uma análise da área com vegetação de capoeira com 15 anos de idade, além de áreas preparadas com queima da vegetação, e sem queima e com trituração da vegetação. Nos períodos de 2002/2003, na área sem queima, foram plantados milho (*Zea mays*) e mandioca, e promovido o enriquecimento com *Acacia mangium Willd*; em 2003/2004, pousio e enriquecimento com *Acacia mangium Willd*; de 2005 a 2006, cultivo de milho e mandioca; 2006 a 2007, plantio de caupi e mandioca e enriquecimento com *Inga edulis* e *Acacia mangium Willd*; pousio e enriquecimento com *Acacia mangium Willd* em 2008 e 2009; em 2010 a 2011, cultivo de milho e mandioca.

Na área queimada, plantio de milho e mandioca, de 2002 a 2003; pousio natural em 2005 e 2006; cultivo de milho e mandioca, de 2007 a 2008; pousio de 2008 a 2011.

Sendo assim, a partir desse momento demonstraremos uma análise na Tabela 05, que destaca sobre os SAF 1 e SAF 2, a diferença do cultivo e plantio de algumas frutas, com 3 anos de diferença, Capoeira 15 anos e Capoeira 12 anos.

Tabela 5 - SAF 1 e SAF 2

SAF 1	SAF 2
Capoeira 15 anos	Capoeira 12 anos
Antes do plantio área passou por trituração no ano de 2006.	Área foi feita antes da queima
Plantio: Açaí e Cupuaçú	Plantio: Açaí, urucum, Graviola, Glincídia, Mandioca, Limão
Em 2006 a 2007: Glincídia, Pimenta-do-reino, Mogno, Paricá e limão	Em 2007: Queimado e depois realizado plantio

Fonte: Souza, 2012.

A seguir, podemos observar como são compreendidos os sistema de uso e de manejo da área, com o tratamento e suas respectivas siglas.

Tabela 6 - Sistema de Uso e Manejo da Área

Nº TRATAMENTO	TRATAMENTO	SIGLA
T1	Cumarú Capoeira	CC
T2	Cumarú sem queima / tri	CMSQT
T3	Cumarú queima	CMQ
T4	UFRA/ FEIGA Capoeira	UFC
T5	UFRA/ FEIGA Triturado	UFT
T6	UFRA/ FEIGA Queima	UFQ
T7	SAF 1 Capoeira	SAF 1 C
T8	SAF 1 Trit	SAF 1 T
T9	SAF 2 Capoeira	SAF 2 C
T10	SAF 2 Queima	SAF 2 Q

Fonte: Souza, 2012.

3.2.3 Coleta das amostras de solo

As amostras de solo foram coletadas em janeiro de 2009. Nos sistemas foram abertos e coletados miniperfis com 25 cm de profundidade e coletadas fatias de solo nas profundidades de 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm e quatro repetições. As amostras de solo foram submetidas a análise físico-químicas no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental, (EMBRAPA, 1997).

As Amostras indeformadas para determinação da densidade do solo foram coletadas no mesmo ano e período. Retiraram-se amostras indeformadas nas profundidades de 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm. A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997). Os valores de densidade de solo foram utilizados no cálculo dos estoques de C no solo.

3.2.4 Estoque de C no solo

Para determinação da concentração de C e N total, cerca de 20g de solo foram triturados em almofariz (pilão de porcelana) e tamisados em peneira de 0,25mm (60 mesh), adquirindo características de pó. Em seguida, foi pesado aproximadamente 0,20g com precisão de quatro casas decimais, para determinação da concentração de C e N por combustão a seco, com analisador elementar da marca LECO, modelo CHN- S TRUSTEC. O estoque de carbono total do solo foi calculado segundo Veldkamp (1994), em que: $EstC = (Ct \times Ds \times e)/10$, onde: EstC = estoque de carbono total em determinada profundidade ($Mg \text{ ha}^{-1}$); Ct = teor de carbono orgânico total na profundidade amostrada ($g.kg^{-1}$); Ds = densidade do solo na profundidade amostrada ($g.cm^{-3}$); e = espessura da camada considerada (cm).

O cálculo do estoque de nitrogênio seguiu a mesma metodologia de calculo de carbono conforme fórmula acima.

É importante destacar que para Ferreira (2007) as variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância comparada pelo teste de SNK. Foi utilizado o programa estatístico SISVAR.

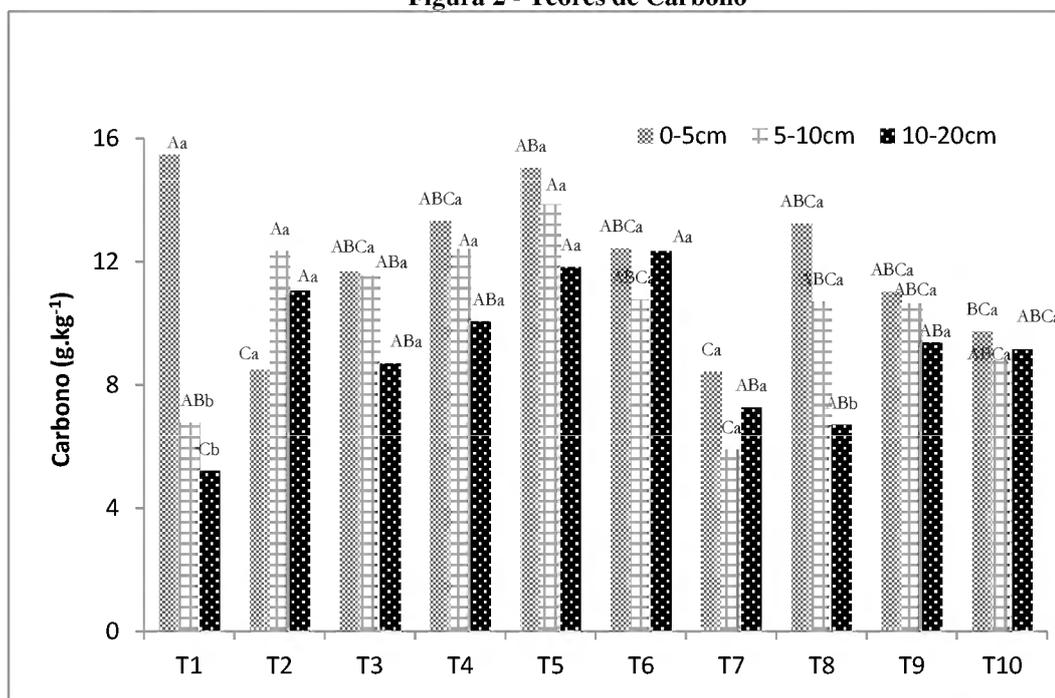
3.3 Resultados e Discussão

Diante desta pesquisa, nos resultados e discussão analisaremos 03 (três) categorias que são: Os Teores de Carbono e Nitrogênio nos solos dos diferentes; Estoque de Carbono; e Densidade do solo.

3.3.1 Teores de Carbono e Nitrogênio nos solos dos diferentes

Foram observadas maiores amplitudes de C e N do solo entre os sistemas de manejo na camada 0 a 5 cm do que na camada 5 a 10 e 10 a 20 cm de profundidade. Os sistemas com queima tiveram uma redução de carbono. Na camada 0 a 5 cm, maiores teores de carbono foram obtidos no tratamento T1, este por sua vez superou estatisticamente apenas os tratamentos T2, T7 e T10. Os sistemas que não usaram a queima e os que com sistemas agroflorestais apresentaram valores mais elevados em comparação aos com queima. (Figura 2).

Figura 2 - Teores de Carbono



Fonte: Souza, 2012.

Figura 1: Teores de Carbono (g.kg⁻¹), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3= CMQ (Cumaru queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açu-PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso e letras minúsculas comparam as profundidades. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

No sistema T1 (CC) que corresponde a área de capoeira cumaru, promoveu maior concentração de carbono, principalmente na camada de 0-5 cm, o que na prática indicam menores perdas de carbono devido esses sistemas se caracterizarem como agroecológicas, proporcionando uma recuperação da qualidade do solo. Fatores como não revolvimento do solo, manutenção da matéria orgânica e lenta taxa de mineralização podem justificar essa maior quantidade de carbono orgânico nesse tratamento.

Na camada de 5-10cm, maiores teores de carbono ($13,85 \text{ g.kg}^{-1}$) foi observado no T5 (UFSQT), que corresponde a área UFRA/FEIGA sem queima e com trituração, o qual diferiu estatisticamente somente do tratamento T7= SAF 1C (SAF 1 capoeira). Maiores teores de C nas camadas mais superficiais são comumente observados em diversos tipos de solos sob diferentes tipos de vegetação e estão relacionadas com maiores concentrações de matéria orgânica, que contém, em média, cerca de 58% de C (RECCO et al., 2000; RESENDE, 1995).

Para Rodrigues (2006), nos seus estudos sobre os solos em diferentes tipos de cobertura vegetal, SAFs e capoeira no município de Aurora do Pará (PA), verificou redução significativa do C em função da época de coleta e profundidade de amostragem, com as maiores quantidades de C encontradas na estação seca ($8,7 \text{ g.kg}^{-1}$) e na profundidade de 0-5 cm ($8,0 \text{ g.kg}^{-1}$), corroborando com os resultados encontrados neste estudo.

Desta forma, os resultados parecidos também foram encontrados por Moreira e Malavolta (2004) Estudando a dinâmica da matéria em diferentes sistemas de manejo na Amazônia ocidental, os maiores valores foram encontrados na camada superficial, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho.

O teor de C total nos diversos sistemas diminuiu conforme o aumento da profundidade. Provavelmente porque a deposição natural do material orgânico rico em nutrientes ocorre em maior quantidade na superfície do solo (FREIXO et al., 2002). Estudos no município de Igarapé-Açu mostraram que a queima da capoeira provoca a perda de 94-97% do carbono, demonstrando que grande parte do carbono é perdida por volatilização e uma pequena parte é perdida por lixiviação após a queima (SOMMER et al., 2004).

Nos sistemas T4, T5 e T8, principalmente nas duas primeiras camadas de 0-5 cm a 5-10 cm, observa-se uma considerável concentração de carbono. Este fato pode ser explicado pela manutenção da palha na superfície do solo, somada à ausência de revolvimento do solo, além de reduzir a emissão de CO_2 para a atmosfera, atua no estoque de C no solo, trazendo ainda diversidade microbiana e melhoria na fertilidade dos solos agrícolas brasileiros (SIX et al., 2002; FOLEY et al., 2005).

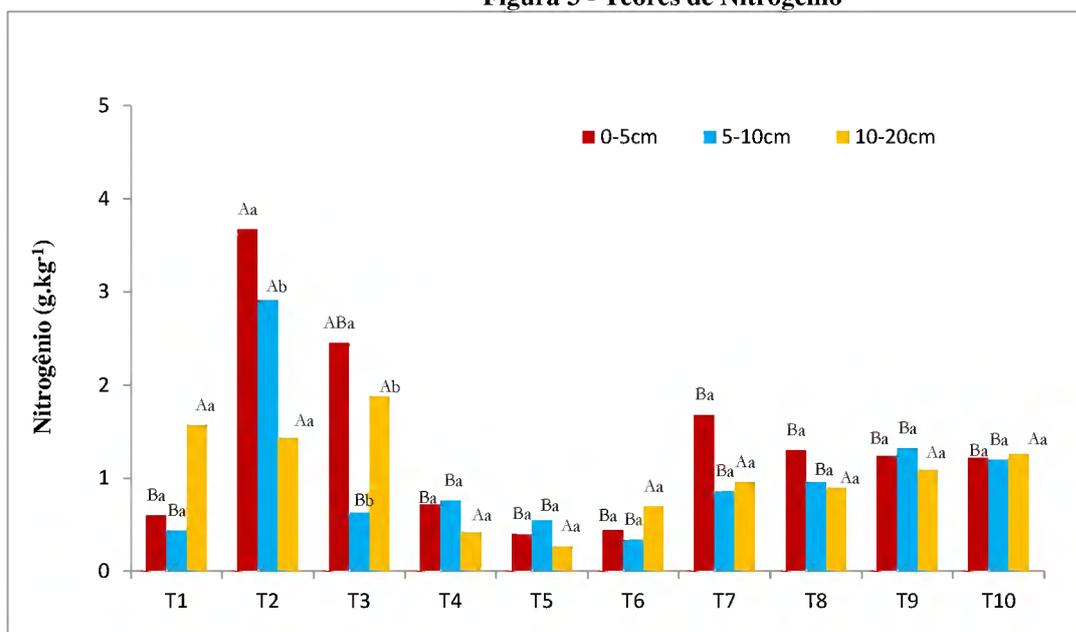
Dados parecidos com deste trabalho foi encontrado por Vasconcelos (2010), estudando indicadores químicos e biológicos de solos submetidos ao sistema de preparo de área usando a queima e a trituração da vegetação no Nordeste Paraense, encontrou teores de carbono orgânico na profundidade 0-5 cm, no tratamento UFC 13,03 g.Kg⁻¹. Por sua vez, maiores teores de carbono orgânico na profundidade 5-10 cm foram observados nos tratamentos UFSQ 9,43 g.Kg⁻¹. Maiores teores de N na profundidade de 0-5 cm foram observados no tratamento UFC 2,2 g.Kg⁻¹. Por outro lado, na profundidade 5-10 cm maiores teores de N foram observados no tratamento UFSQ 1,5 g.Kg⁻¹. A área de Capoeira UFRA apresentou os maiores de C e N orgânico por conta do maior aporte de serapilheira e diversidade das espécies.

Resultados parecidos foram encontrados por Pereira et al., (2012) estudando o Estoque de carbono do solo em sistema agroflorestal sequencial no nordeste paraense. Os maiores teores de carbono orgânico na profundidade 0-5 cm foram no tratamento UFC 13,03 g.Kg⁻¹ seguido por UFSQ 11,03 g.Kg⁻¹. Por sua vez, na profundidade 5-10 cm, os maiores teores de carbono orgânico na profundidade 5-10 cm foram observados nos tratamentos UFSQ 9,43 g.Kg⁻¹ e UFQ 8,72 g.Kg⁻¹ não havendo diferenças estatísticas significativas.

Foi verificado um decréscimo nos teores de carbono orgânico com o aumento da profundidade, maiores teores de carbono orgânico são encontrados nas camadas mais superficiais em diversos tipos de solos sob diferentes, tipos de vegetação, estando relacionados com maiores concentrações de matéria orgânica, contendo em média 58 % de C (RECCO et al. 2000; RESENDE, 1995). Para Matsuoka et al., (2003) ao avaliar a biomassa microbiana e atividade microbiana de um Latossolo Amarelo em Primavera do Leste (MT) sob vegetação nativa, cultivos anuais e perenes, verificaram redução.

Os maiores teores de nitrogênio na cama 0-5 cm, foram obtidos nos sistemas T2 (CMSQT) e T3 (CMQ), e os menores foram encontrados nos sistemas T5 (UFSQT) e T6 (UFQ) (Ver Figura 3 a seguir). Esses resultados corroboram com os resultados encontrados por Feller (1995) e Freixo et al (2002). **De forma geral, a concentração de carbono foi menor no T8 (SAF 1TP) na camada de 10-20 cm. O estoque de nitrogênio o sistema T2 (CMSQT) apresentou maiores valores, em detrimentos dos sistemas T4 (UFC), T5 (UFSQT) e T6 (UFQ), provavelmente tem relação com histórico dessas áreas. Em quase todos os sistemas o nitrogênio aumentou em profundidade.** (Grifo nosso)

Figura 3 - Teores de Nitrogênio



Fonte: Souza, 2012.

Figura 3: Teores de Nitrogênio (g.kg^{-1}), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3= CMQ (Cumaru queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açu-PA. Letras maiúsculas omparam sistemas de uso e letras minúsculas comparam as profundidades. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Corroborando com esse resultado foram encontrados por Vasconcelos (2010), teor nitrogênio teor de relação ao nitrogênio, maiores teores de N na profundidade de 0-5 cm foram observados no tratamento UFC valor de $2,2 \text{ g.Kg}^{-1}$. Por outro lado, na profundidade 5-10 cm maiores teores de N foram observados no tratamento UFSQ $1,5 \text{ g.Kg}^{-1}$. A redução dos valores dos teores de N nos solos das áreas queimadas pode estar relacionado com o uso do fogo, haja visto que o N é o nutriente que se perde em maior quantidade para a atmosfera, via volatilização (95 a 98 %).

Sampaio (2008) encontrou em Latossolo Amarelo no nordeste do Pará, os teores de carbono total que variaram de $9,3$ a $27,0 \text{ g.kg}^{-1}$ (sistema de trituração), $9,1$ a $16,5 \text{ g kg}^{-1}$ (corte-e-queima) e $8,6$ a $19,4 \text{ g kg}^{-1}$ (floresta sucessional) nas profundidades de 20-30 a 0-10 cm.

Estudos no município de Igarapé-Açu mostraram que a queima da capoeira provoca a perda de 96-98% do nitrogênio, demonstrando que grande parte é perdida por volatilização e uma pequena parte é perdida por lixiviação após a queima (SOMMER et al., 2004). Constatou-se que a concentração de N total nos diversos tratamentos diminuiu conforme o aumento da profundidade. Isso, pode ter ocorrido devido ao fato da deposição natural do

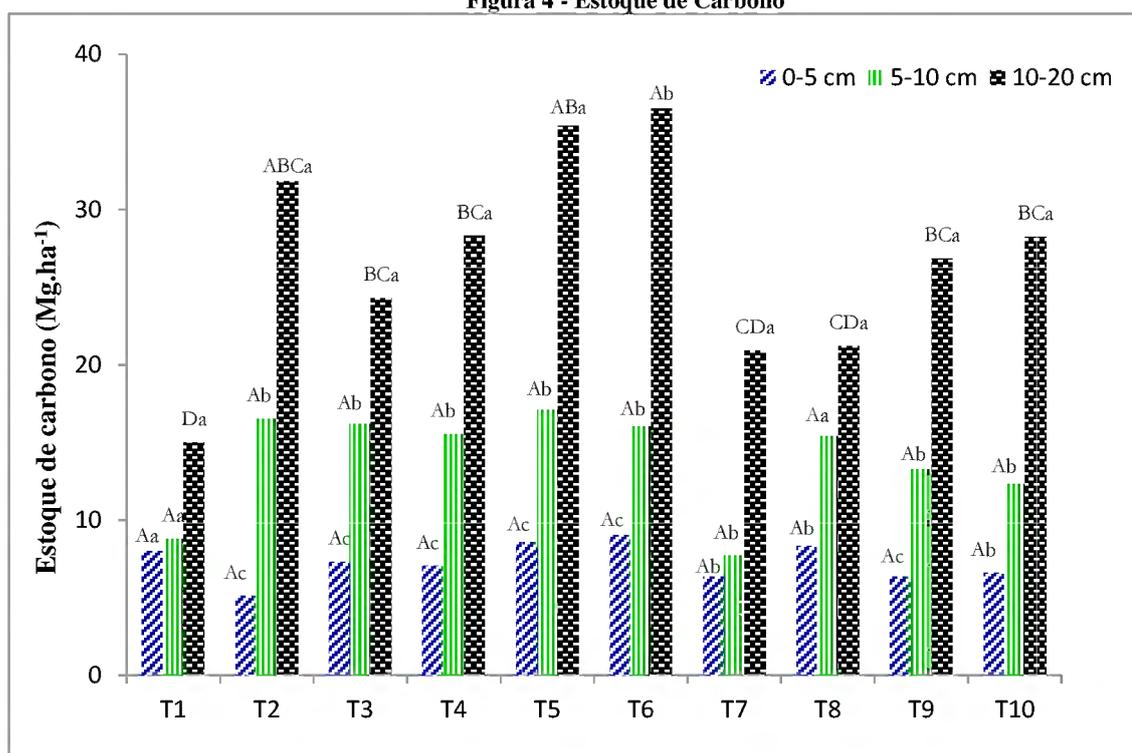
material orgânico rico em nutrientes ocorrer em maior quantidade na superfície do solo (FREIXO et al., 2002). Provavelmente o nitrogênio total foi afetado por efeitos adversos de perda de fertilidade do solo como a lixiviação. O Cantarella (1999), avaliando a adubação do milho “safrinha”, observou que houve uma perda por lixiviação de nitrato, por causa da ocorrência de chuvas.

Vasconcelos (2010), estudando indicadores químicos e biológicos de solos submetidos ao sistema de preparo de área usando a queima e a trituração da vegetação no nordeste paraense encontrou os maiores valores de carbono microbiano na área UFRA sem queima. Uma provável explicação para isso é que esse sistema encontra-se, também, uma vegetação de gramíneas invasoras, densa, porte médio, o que pode estar relacionado com maiores teores de matéria orgânica obtidos na estação seca, pois é amplamente conhecido que o CBM aumenta com aumento da matéria orgânica no solo.

3.3.2 Estoque de carbono

Entre os sistemas os que mais estocaram carbono foram os sistemas T6 (UFSQT), T5 (UFSQT) e o T2 (CMSQT), porém, estatisticamente não apresentaram diferença entre si. Os maiores valores de estoques carbono são encontrados nas camadas 10 a 20 cm, (Figura 4). Os valores de estoque de carbono aqui encontrados foram superiores aos observados por Dejardins et al., (1994), que obtiveram $19,2 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, em Latossolo podzólico sob floresta tropical na Amazônia, o que pode ser explicado pelo teor de argila mais silte daquele solo (27,4%), enquanto que o solo da presente pesquisa nessa área do sistema segundo Kato (1999) classificado com textura areno-argiloso. Existe uma relação linear positiva entre o teor de argila mais silte e o teor de matéria orgânica do solo, provavelmente devido á proteção conferida pela argila á ação dos microrganismos (FELLER; BEARE, 1997). O que justifica o teor de argila em relação ao estoque de carbono, consiste que uma das propriedades da argila o poder de agregação das partículas de solo ser maior, retém mais carbono que solo arenoso. (Ver Figura 4)

Figura 4 - Estoque de Carbono



Fonte: Souza, 2012.

Figura 4: Estoque de carbono (Mg.ha^{-1}), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3= CMQ (Cumaru queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açu-PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso e letras minúsculas comparam as profundidades. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Valores parecidos com os nossos também foram encontrados por Pereira et al., (2012) estudando Estoque de carbono do solo em sistema agroflorestal sequencial no nordeste paraense, o tratamento com trituração apresentou um estoque de carbono total do solo (0-100 cm) de $91,82 \pm 4,36 \text{ Mg ha}^{-1}$, a queima de $84,98 \pm 5,30 \text{ Mg ha}^{-1}$ e a capoeira de $99,78 \pm 7,39 \text{ Mg ha}^{-1}$, porém essa diferença não foi significativa estatisticamente ($P < 0,05$) entre os tratamentos. Isso pode ter ocorrido devido a fatores agroclimáticos, a composição física natural do solo da área de estudo, ou ainda, o curto período de observação experimental pode não ter sido suficiente para avaliar os efeitos da matéria orgânica do solo.

De um modo geral, os estoques de carbono no solo entre os tratamentos estudados apresentou uma maior concentração nas camadas de 10-20 cm. Os sistemas T1 (CMC) estocou menos carbono, o que provavelmente se deve à textura arenosa do solo, que não favorece a retenção de carbono. O estoque de carbono do solo em florestas sucessionais na Amazônia Oriental está relacionado, na maioria dos estudos realizados na região, diretamente

à sua textura, idade e tipo de solo. Tal característica do solo pode explicar a variação da concentração de C ao longo do perfil, caracterizada pelo aumento na profundidade de 10-20 cm. Segundo Cerri et al., (1996), o estoque de carbono no solo aumenta com o aumento da concentração de argila no solo. O segundo aspecto é o fato da queima da capoeira no início de 2010 ter alterado a concentração de carbono do solo. Sommer et al., (2004) relataram que após a queima de uma vegetação secundária de 3,5 anos de idade, é disponibilizado na forma de cinzas e carvão vegetal $0,023 \text{ kg Cm}^{-2}$.

Na Amazônia Oriental, Silva Junior et al. (2009), estudando substituição da floresta secundária de 8 a 10 anos por pastagens encontraram na floresta sucessional $34,5 \text{ MgC ha}^{-1}$ de 0-10 cm em Latossolo argiloso. Esse valor elevado do estoque de carbono nessa profundidade provavelmente se deve à textura mais argilosa do solo, cujos mecanismos de adsorção e ligações químicas diversas na superfície das argilas tornam os resíduos orgânicos mais resistentes ao ataque microbiano, sendo apontados como uma das razões para o elevado acúmulo de carbono em solos argilosos. Por outro lado, Bernoux et al., (1999) estudando uma cronosequência de solos em Paragominas (PA) em Latossolos argilosos em floresta sucessional com 10 anos, encontrou valores de $20,4 \text{ Mg C ha}^{-1}$ na camada de 0-10, próximo aos valores encontrados nesse estudo.

Silva et al., (2010), estudando Estoque de serapilheira e carbono no solo em sistemas de preparo de área com corte-e-queima e corte-e-trituração da vegetação secundária na Região Bragantina, Nordeste do Pará, observou que estoque de carbono no solo não apresentou diferença significativa entre os tratamentos com e sem uso de queima, o que provavelmente se deve à textura arenosa do solo, que não favorece a retenção de carbono, ou à interferência da queima sobre os estoques de carbono.

Desta forma, o maior valor registrado ocorreu no tratamento que associou trituração e adubação ($2,264 \text{ kg m}^{-2}$). Os tratamentos com trituração apresentaram, considerando a média entre os sistemas com e sem adubação, um estoque de serapilheira 18 vezes maior que a massa de resíduos deixada após a queima. Isso demonstra a capacidade do sistema sem queima em disponibilizar carbono para o solo. Um monitoramento contínuo dos estoques de carbono é necessário para se avaliar o potencial dos sistemas com corte-e-trituração em armazenar carbono no solo.

BRANCHER (2010), encontrou em solos de área de SAFs em Tome- Açu, em SAFs mais antigos ou com arranjo de espécies diferentes aparentemente são capazes de restaurar os estoques de carbono do solo. Por exemplo, o estoque de carbono do solo até 50 cm de profundidade em SAFs de 9 e 14 anos (média = $85,19 \pm 4,12 \text{ Mg ha}^{-1}$), com arranjos de

espécies diferentes, não diferiu significativamente daquele medido em floresta sucessional de aproximadamente 30 anos (média = $97,89 \pm 2,3 \text{ Mg ha}^{-1}$).

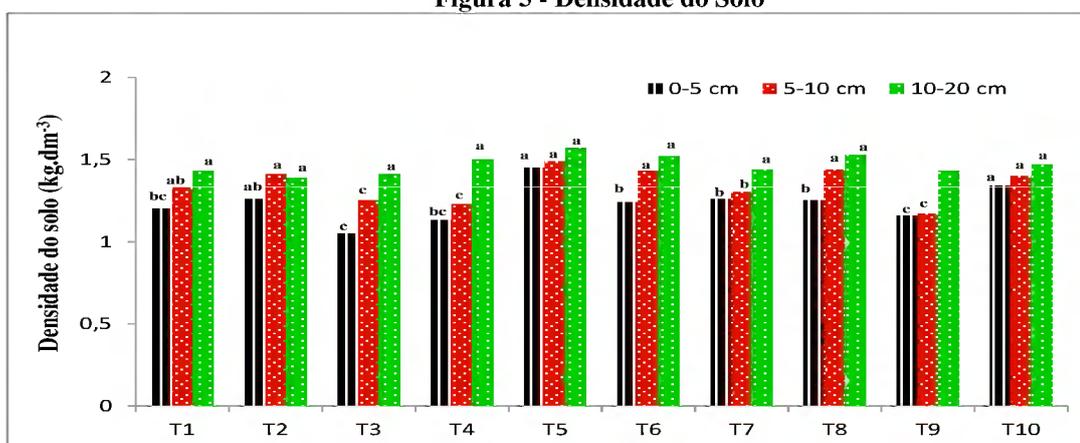
Matos et al., (2012), estudando Teores de nutrientes do solo sob sistema agroflorestal manejado com e sem queima no Estado do Pará, encontrou maiores teores de carbono orgânico do solo foram verificados na área sob capoeira ($12,14 \text{ g kg}^{-1}$).

Assis et al., (2006), mostraram que o uso intensivo e o manejo inadequado do solo podem propiciar perdas consideráveis de matéria orgânica, por mineralização e erosão hídrica. Sommer et al., (2000) explicam que um dos principais problemas é a substituição da floresta por cultivos agrícolas através da derruba e queima da vegetação.

3.3.3 Densidade do solo

Em todas as camadas estudadas, 0 a 5cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm, os maiores valores de densidade foram encontrado no tratamento T5 (UFSQ) $1,45 \text{ Kg.dm}^{-3}$, $1,49 \text{ Kg.dm}^{-3}$ e $1,57 \text{ Kg.dm}^{-3}$, respectivamente (Figura 4), o que esta de acordo com os resultados encontrado por Pereira et al., (2012), estudando a Densidade do solo em sistema de preparo de área sem queima em Igarapé-Açu, Pará. O tratamento trituração apresentou um estoque de carbono total do solo (0-100 cm) de $91,82 \pm 4,36 \text{ Mg.ha}^{-1}$, a queima de $84,98 \pm 5,30 \text{ Mg.ha}^{-1}$ e a capoeira de $99,78 \pm 7,39 \text{ Mg ha}^{-1}$. Os valores de densidade são maiores na área do solo maior do nas áreas onde tem capoeira e das foram queimadas. Nesse sistema onde houve trituração, esses valores mais elevados de densidade tem relação no preparo de área usando maquinas, provocando compactação das camadas. Nas áreas onde teve uso da queima esses valores também foram maiores que os demais sistemas, onde não sofreram o uso do fogo.

Figura 5 - Densidade do Solo



Fonte: Souza, 2012.

Figura 4: Densidade do solo (kg.dm^{-3}), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3= CMQ (Cumaru queima); T4= UFC

(UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2-Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açú-PA. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Segundo Marcolan et al., (2009), observou que a densidade do solo e a resistência à penetração foram maiores no sistema de manejo com queima da capoeira, e menores na capoeira contínua, em relação ao sistema de manejo com trituração da capoeira. O decréscimo da matéria orgânica do solo no ambiente com queima ocasiona desagregação do solo, provocando a dispersão das partículas finas, ocasionando a obstrução dos poros e, conseqüentemente, o aumento da densidade do solo. A resistência à penetração se encontra estreitamente relacionada com a densidade do solo, sendo a resistência à penetração tanto maior quanto maior a densidade do solo.

Em estudos de CO em Latossolos sob diferentes sistemas de manejo, Freitas et al. (2000), constataram Ds médias variando de 1,10 a 1,32 Mg.dm⁻³, e também verificaram maior Ds na camada de 10 a 20 cm quando comparadas às outras profundidades.

Em geral houve uma tendência nos tratamentos estudados da densidade ser menor nas camadas superficiais em comparação as demais camadas. Segundo Araújo et al., (2007), explicam que normalmente a densidade do solo tende a aumentar com a profundidade, e isso ocorre devido à influência de fatores como o teor reduzido de MO, menor agregação, maior compactação e diminuição da porosidade do solo, entre outros, pois a densidade do solo é uma propriedade muito variável e depende de outras propriedades, como a estrutura e compactação do solo.

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho esta de acordo com Fageria et al. (1999) a densidade da camada superficial da maioria dos solos varia de 1 a 1,6 g cm⁻³, sendo que os solos com alto teor de MO geralmente têm densidade menor que 1 g.cm⁻³ de m . À medida que o solo vai sendo submetido ao uso agrícola, as propriedades físicas sofrem alterações, geralmente desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal.

3.4 Conclusões

Para efeito de comparação entre os sistemas avaliados, o carbono foi mais relevante em relação ao nitrogênio.

Influencia dos sistemas de uso no estoque de carbono, ou seja, o sistema de uso sem queima e com trituração, aliado a textura argilosa contribui para que o sistema mantenha carbono no solo. Isso contribui para que não haja perda de nutrientes no solo.

Os teores de carbono nos sistema sem queima e trituração apresentaram valores mais altos em superfície, em detrimentos dos sistemas com queima.

No presente trabalho constatou-se que quanto menor o teor de carbono, menor será a qualidade do solo, maior o risco de erosão e perda de nutrientes. Daí a importância de se criar um sistema que consiga elevar o teor de carbono desses solos, ou empregar um sistema de uso que não diminua os teores de carbono do solo.

REFERÊNCIAS

ASSIS, C.P.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. de S.; NEVES, J. C. L. **O uso intensivo e o manejo inadequado do solo podem propiciar perdas consideráveis de matéria orgânica do solo, por mineralização e erosão hídrica. Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.41, n.10, p.1541-1550, 2006.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. E.; PAVINATO A. **Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.7, p. 677-683, jul. 2004.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. & CERETTA, C.A. **Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in sandy clay loam Acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. Soil Till. Res.**, 53:95-104, 2000.

BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A. **Características agroclimáticas do município de Igarapé-Açu. In: EMBRAPA. Seminário sobre manejo da vegetação secundária para a sustentabilidade da agricultura familiar da Amazônia Oriental. Belém-PA. 2000.**

BELZÁRIO, M.H. **Mudança no estoque de carbono devido ao uso da terra no sudoeste da Amazônia. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.**

BERNOUX, M.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P., SIQUEIRA NETO, M.; METAY, A., PERRIN, A.S.; SCOPEL, E.; BLAVET, D.; PICCOLO, M.C.; PAVEI, M.; MILNE, E. **Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review. Agronomy for Sustainable Development**, v.26, p.1-8, 2006.

BRANCHER, T. **Estoque e ciclagem de carbono de sistemas agroflorestais em Tomé-Açu, Amazônia Oriental. (Mestrado em Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – PPGCA, Universidade Federal do Pará – UFPA. Belém, 2010.**

BRASIL. BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SA.23 - São Luís e parte da Folha SA.24 Fortaleza: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra.** Rio de Janeiro,. Iv. (Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais, 3), 1973.

CAMARGO, M.N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usada em levantamento pedológico no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência de Solo**, v. 12, n.1, p. 11-33, 1987.

CANTARELLA, H. **Adubação do milho “safrinha”**. In: Seminário sobre a Cultura Do Milho Safrinha, 5., 1999, Barretos. **Anais**. Campinas: Instituto agrônomo, 1999, p. 15-24.

CERRI, C.C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo no agroecossistema cana-de-açúcar**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio grande do Sul, 1986. (Tese de Doutorado).

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; GUILHERME, L.R.G. **Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.179-186, fev. 2004.

DESJARDINS, T.; BARROS, E.; SARRAZIN, M.; GIRARDIN, C. & MARIOTTI, A. **Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian Amazonia**. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 103:365-373, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FAGERIA, N. K. et al. **Maximização da produção das culturas**. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 294 p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR: Sistema de análise de variância** . Versão 5.0. Lavras: UFLA/ DES, 2007.

FELLER, C. & BEARE, M. H. **Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics**. *Geoderma*, 79:69-116, 1997.

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A. & FADIGAS, F.S. **Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo**. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:425-434, 2002.

IDESP. **Diagnóstico do Município de Igarapé-Açu**. Belém. 1997. IDESP, CDI (Relatório de Pesquisa).

INFOPÉDIA. **Oligotróficos**. 2012. Disponível em: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/oligotro%C3%B3ficos>. Acesso em: 12 Set. 2011.

KATO, M.S.A.; KATO, O.R.; DENICH, M. & VLEK, P.L.G. **Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the eastern Amazon region: the role of fertilizers.** *Field Crops Research*, v.62 p.225-237, 1999.

KATO, O. R. **Fire-free Land Preparation as alternative to Slash-and-burn Agriculture in the Bragantina Region, eastern Amazon: Crop Performance and Nitrogen Dynamics.** (Doctor in Agricultural Sciences) - Faculty of Agricultural Sciences. Göttingen, 1998.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A. & GALVÃO, J.C.C. **Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica.** *R. Bras. Ci. Solo*, 27:821-832, 2003.

MACHADO, P. L. O. A. **Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global.** *Química Nova*, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.

MARCHIORI JÚNIOR, M. & MELO, W.J. **Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos.** *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:1177-1182, 2000.

MARCOLAN, A.L. et al. **Densidade e Resistência à Penetração de um Latossolo pelo Corte e Trituração da Capoeira, Substituindo a Derruba e Queima, no Preparo da Área para Plantio Direto.** XXXII Congresso Brasileiro de ciência do solo. **Resumos expandidos.** CD-ROM, Fortaleza, 02 a 07 de agosto de 2009.

MATOS, F O; CASTRO R M.; RUIVO, M L. **Teores de Nutrientes do Solo sob Sistema Agroflorestal Manejado com e sem Queima no Estado do Pará.** *Floresta e ambiente*. 2012.

MATSUOKA, M.; MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F. **Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT).** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p.425-433, 2003.

MOREIRA, A., MALAVOLTA, E. **Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 11, Nov, 2004.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BESAN, F.M.; LOVATO, T.; FERNÁNDEZ, F.F.; DEBARBA, L. **Manejo do solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo.** In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.; ALVAREZ, V.H.; (Ed). **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003, v. 3, p. 209-248.

RECCO, R. D.; AMARAL, E. F.; PINTO, E. M.; MELO, A. W. F. **Avaliação do nível de carbono orgânico em solos tropicais submetidos a plantio de sistemas agroflorestais em diferentes idades na Amazônia ocidental.** In: III Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais. *Anais*. Manaus, AM. 2000.

RESENDE, M. **Matéria orgânica e seus componentes.** In: **Pedologia: base para distinção de ambientes.** Neput. Viçosa. p.79 – 85, 1995.

RODRIGUES, R, C. **Biomassa microbiana e acúmulo de liteira em sistemas agrofloretais composto por Meliaceas utilizadas como indicadores biológicos de qualidade do solo.** 2006. 101p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, PA. 2006.

PEREIRA, M.E.M., VASCONCELOS, S.S.; Silva, A K L; Souza, C. M. de A. . **Estoque de carbono do solo em sistema agroflorestral sequencial no Nordeste Paraense.** In: IV Encontro Amazônico de Agrárias, 2012, Belém. **Anais do IV ENAAG.** Belém : Universidade Federal Rural da Amazônia, 2012.

PEREIRA, M.E.M., VASCONCELOS, S.S.; Silva, A K L; Souza, C. M. de A. **Densidade do solo em sistema de preparo de áreas sem queima em Igarapé-Açu, Pará.** In: III Encontro Amazônico de Agrárias – ENAAG, 2011, Belém. **Anais do III Encontro Amazonico de Agrárias,** 2011.

PICCOLO, A. **Humus and soil conservation.** In: PICCOLO, A. (Ed.) **Humic substances in terrestrial ecosystems.** Amsterdam: Elsevier, 1996. p.225-264.

SAMPAIO, I. C. G. **Biogeoquímica do carbono em solos de parcelas sob trituração, sob queima e sob capoeira.** (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará. Belém, 2008.

SANTOS, G.A. e CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo.** Porto Alegre, Genesis, p.117-137, 1999.

SILVA, J.E. & RESCK, D.V.S. **Matéria orgânica do solo.** In: VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M., ed. **Biologia dos solos dos cerrados.** Planaltina, Embrapa-CPAC, 1997, p.467- 524.

SILVA, A.K.L.; VASCONCELOS, STEEL, S.; CARVALHO, C.J. R.; CORDEIRO, ILMARIA, C. C. **Litter dynamics and fine root production in Schizolobium parahyba var. amazonicum plantations and regrowth forest in Eastem Amazon.** **Plant and Soil (Print),** v. 347, p. 377-386, 2011.

SILVA JR., M. L. da; DESJARDINS, T.; SARRAZIN, M.; MELO, V. S. de.; SANTOS, E. R.; CARVALHO, J. R. de. **Carbon content in Amazonian Oxisols after Forest conversion to pasture.** **Revista brasileira de ciência do solo,** v.33, p.1603-1611, 2009.

SIX, J.; CONANT, R. T.; PAUL, E. A. & PAUSTIAN, K. **Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils.** **Plant Soil,** 241:155–176, 2002.

SOMMER, R. et al. **Nutrient balance of shifting cultivation by burning or mulching in the eastern Amazon: evidence for subsoil nutrient accumulation.** **Nutrient Cycle in Agroecosystem,** v.68, n.3, p.257-271, 2004.

SOMMER, R. Water and nutrient balance in deep soils under shifting cultivation with and without burning in the Eastern Amazon. Cuvillier, Gottingen, Germany, 2000. 240p.

STEVENSON, F.J. Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. 2.ed. New York, John Wiley e Sons, 1994.

VASCONCELOS, Josemar Moreira. Indicadores químicos e biológicos de solos submetidos ao sistema de preparo de área usando a queima e a trituração da vegetação no nordeste paraense. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Amazônia. Belém, 2010.

VELDKAMP, E. Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation. Soil Science Society of America Journal, v.58, p.175-180, 1994.

4 ESTOQUE DE CARBONO EM FRAÇÕES DENSIMÉTRICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO NA AMAZONIA ORIENTAL.

RESUMO

Estudos têm demonstrado que determinados compartimentos da MOS são capazes de detectar, mais rapidamente, as mudanças nos conteúdos de C no solo associadas ao manejo. As reduções nestes compartimentos são, de modo geral, maiores que as observadas, quando se considera apenas o conteúdo total de C do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar e quantificar o estoque de carbono das frações densimétricas da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de uso da terra. O estudo foi realizado na Amazônia Oriental, Nordeste do Pará, no município de Igarapé-Açu, em solo Latossolo Amarelo, em áreas experimentais situadas nas comunidades de Cumaru (Travessa Cumaru), Nova Olinda (em propriedades de pequenos produtores rurais) e UFRA- FEIGA. Os sistemas de uso consistem T1 CC (Cumaru Capoeira), T2 CSQT (Cumaru sem queima triturado), T3 CQ (Cumaru queima), T4 UFC (UFRA Capoeira), T5 UFSQT (UFRA sem queima triturado), T6UFQ (UFRA queima), T7 SAF 1 CT (SAF Capoeira Plantio), T8 SAF 1 PT (SAF plantio triturado) T9 SAF 2 C (SAF Capoeira) T10 SAF 2 QP (SAF queimado e plantio). Foram coletadas amostras de solos nas profundidades 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm. Foram separadas as frações densimétricas (leve livre e leve oclusa) para a determinação de teores de carbono por combustão em analisador elementar LECO CHN-S TRUSTEC. As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância, comparadas pelo teste de SNK. Foi utilizado o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2007). A fração que mais estocou carbono foi a fração leve livre nos sistemas onde não ocorreram queima, o que demonstra a sua sensibilidade em relação ao sistema de manejo do solo, ou seja, solos onde houve um maior revolvimento esta fração se fez menos presente. A fração leve livre concentrou e estocou mais carbono que a fração oclusa, em função dos seus diferentes mecanismos, e composição química.

Palavras - chaves: Amazônia; Estoque de Carbono; Frações Desimétricas; Matéria Orgânica.

CARBON STOCK IN FRACTIONS DENSIMETRIC SOIL ORGANIC MATTER IN DIFFERENT SYSTEMS FOR USE IN EASTERN AMAZON

ABSTRACT

Studies have shown that certain MOS compartments are able to detect, more rapidly, the changes in soil C contents associated with management. The reductions in these compartments are generally larger than those observed when only the total C content of the soil is considered. The objective of this study was to evaluate and quantify the carbon stock of the densimetric fractions of soil organic matter in different land use systems. The study was carried out in the eastern Amazonia, Northeast of Pará, in the municipality of Igarapé-Açu, in the Latossolo Amarelo soil, in experimental areas located in the communities of Cumaru (Travessa Cumaru), Nova Olinda (on small farms) and UFRA- (CFU), TQUU (UFRA Capoeira), T5 UFSQT (UFRA without crushed burning), T6UFQ (UFRA burns), T7 SAF 1 (SAF Capoeira Plantio), T8 SAF 1 PT (SAF planted) T9 SAF 2 C (SAF Capoeira) T10 SAF 2

QP (SAF burned and planted). Soil samples were collected at depths of 0-5 cm, 5-10 cm and 10-20 cm. The densimetric fractions were separated (free and lightweight occluded) for the determination of carbon contents by combustion in the LECO CHN-S TRUSTEC elemental analyzer. The studied variables were submitted to analysis of variance, compared by the SNK test. The statistical program SISVAR (FERREIRA, 2007) was used. The fraction that most stored carbon was the free light fraction in the systems where there was no burning, which demonstrates its sensitivity to the soil management system, that is, soils where there was a greater turnover, this fraction became less present. free light fraction concentrated and stored more carbon than the occluded fraction, due to its different mechanisms, and chemical composition.

Keywords: Amazonia. Carbon Stock; Desimetric Fractions; Organic matter.

4.1 Introdução

Em ecossistemas terrestres, a matéria orgânica do solo é importante reservatório de carbono, nutrientes e energia. Sem a presença da matéria orgânica, a superfície terrestre seria uma mistura estéril de minerais intemperizados.

Definir a qualidade, disponibilidade e atividade dos nutrientes nos substratos orgânicos em diferentes compartimentos do solo é a chave para entender e descrever os processos de mineralização-imobilização dos nutrientes na forma orgânica. Independente da forma orgânica do nutriente, a matéria orgânica dos diferentes tipos de solos difere muito quanto a qualidade e habilidade de suprir nutrientes para as plantas. Assim a tentativa de compartimentalizar a MOS pode ser um bom instrumento para se compreender o seu potencial de fornecimento de nutrientes.

Segundo Janzen et al., (1992) indicam que os estudos têm demonstrado que determinados compartimentos da MOS são capazes de detectar, mais rapidamente, as mudanças nos conteúdos de C no solo quando associadas ao manejo do solo. As reduções nestes compartimentos são, de modo geral, maiores que as observadas, quando se considera apenas o conteúdo total de C do solo.

Numa escala crescente de sensibilidade, obtém-se, em primeira ordem, a biomassa microbiana do solo (BMS), bastante variável e sensível, considerada como compartimento ativo na dinâmica da MOS em seguida, representando uma medida de sensibilidade intermediária, obter-se-ia a matéria orgânica leve (MO L) (FREIXO et al., 2002).

Os tamanhos dos compartimentos físicos e quimicamente protegidos, ou passivos, estão relacionados com o manejo, textura e mineralogia do solo. A maior parte da matéria orgânica e dos nutrientes do solo está nesses compartimentos. O tempo de ciclagem dos nutrientes é controlado pelo grau de proteção, intra e inter-microagregados e pelo grau de

interação do nutriente com a matéria orgânica. Os nutrientes que interagem com a matéria orgânica por meio de ligações eletrostáticas estarão prontamente disponíveis para serem absorvidos pelas plantas. Enquanto nutrientes formando quelatos com a matéria orgânica quimicamente protegida terão um tempo de ciclagem maior.

A localização da matéria orgânica na matriz do solo é considerada o fator mais determinante para sua decomposição. A fração lábil, quando localizada na parte externa dos agregados, está mais sujeita à decomposição do que a matéria orgânica oclusa no interior dos microagregados. Isto pode ser creditado à natureza química recalcitrante da matéria orgânica oclusa ou à proteção física no interior dos microagregados.

As frações leves podem vir a ser utilizadas como indicadores de alterações resultantes do manejo do solo. Estes resultados concordam com os de outros estudos, em que as frações mais lábeis da MOS, como a fração leve, têm-se apresentado como um indicador sensível às mudanças decorrentes das diferentes formas de uso do solo (DALAL & MAYER, 1986; JANZEN et al., 1992).

O maior valor de matéria orgânica leve no sistema contribuirá para um maior fornecimento de substrato utilizado como fonte de energia para o crescimento dos organismos, o que poderá levar à liberação de nutrientes por meio da ciclagem da biomassa microbiana, além de favorecer a recuperação do equilíbrio biológico do solo e de sua qualidade..

A fração leve (FL) da MOS é derivada de resíduos de plantas, raízes e hifas que ainda representam estruturas celulares reconhecíveis. Por ser sensível às práticas de manejo do solo, a determinação da FL é importante na avaliação da qualidade do sistema de manejo em curto prazo (GREGORICH et al., 2006; JINBO et al., 2007; RANGEL & SILVA, 2007).

A fração leve livre (FLL) possui composição comparável àquela dos materiais vegetais (Freixo et al., 2002), e seu único mecanismo de proteção atuante é a recalcitrância molecular (SOLLINS et al., 1996).

As frações orgânicas de menor tempo de ciclagem, que respondem mais rapidamente às mudanças do uso do solo, correspondem a uma pequena fração do teor total de C orgânico (Christensen, 1996), e os indicadores mais responsivos às alterações da qualidade do solo estão associados aos compartimentos mais lábeis da MOS como, por exemplo, o compartimento da fração leve (STEVENSON, 1994).

De acordo com Christensen (1992), o acúmulo de fração leve é influenciado pelo uso da terra, tipo de vegetação e outros fatores que alteram o balanço entre a produção e a decomposição da matéria orgânica.

As variações do conteúdo das frações leve livre e intra-agregados são resultantes das mudanças na quantidade e qualidade dos resíduos vegetais que foram adicionados ao solo, da relação entre a entrada por superfície e subsuperfície destes resíduos e, principalmente, das diferentes formas de manejo adotadas. Pelos resultados, constata-se que as frações leves podem vir a ser utilizadas como indicadores de alterações resultantes do manejo do solo. Estes resultados concordam com os de outros estudos (DALAL & MAYER, 1986; JANZEN et al., 1992),

A fração leve é dividida em fração leve livre é constituída por materiais orgânicos derivados principalmente de restos vegetais e fração leve oclusa que compreende um diversificado conjuntos de compostos orgânicos, com um tamanho reduzido e um grau de decomposição mais avançado em comparação a fração livre (GOLCHIN et al., 1994).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar e quantificar o estoque de carbono das frações densimétricas da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia Oriental.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Áreas de estudo

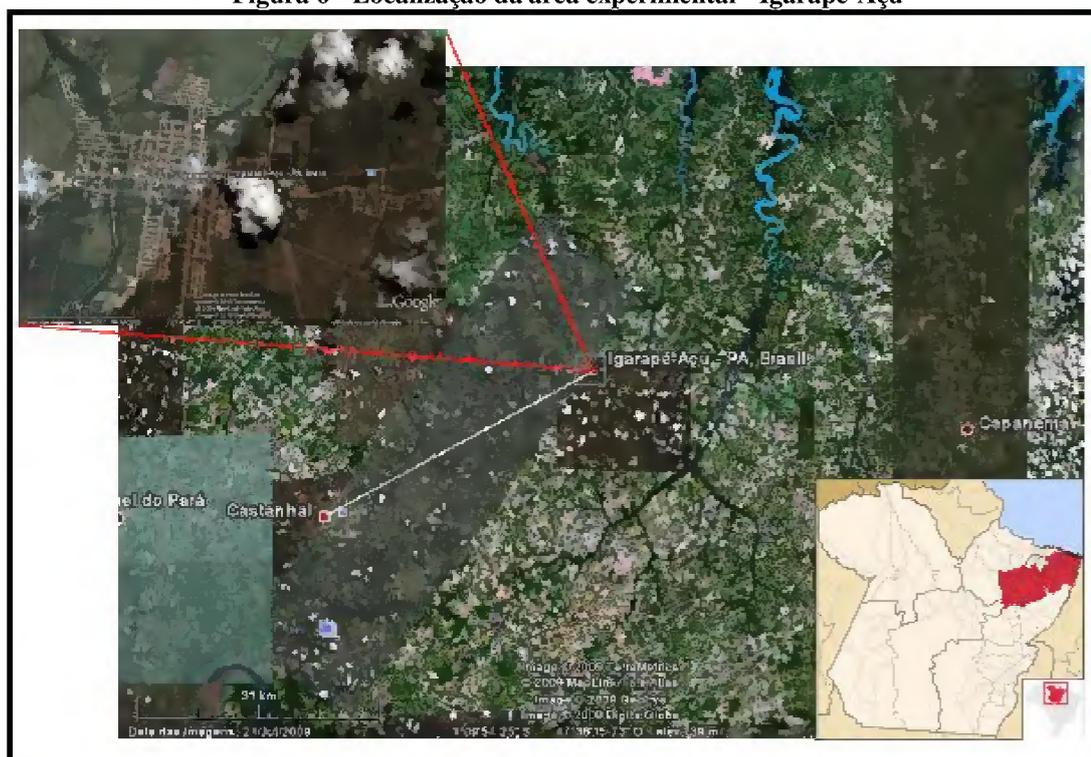
A pesquisa ocorreu no município de Igarapé-Açú localizado na microrregião Bragantina, pertencente à mesorregião do nordeste paraense. A sede municipal tem as seguintes coordenadas geográficas: 01°07'33'' de latitude sul e 47°37'27'' de longitude a oeste de Greenwich.

As áreas experimentais são as comunidades de Cumarú (Travessa Cumarú), Nova Olinda (em propriedades de pequenos produtores) e UFRA/FEIGA, sendo assim, são verificados que nos solos da Região Bragantina apresentam características pedológicas relativamente uniformes em grande parte da região.

4.2.2 Mapa Localização

Demonstraremos a localização da área de estudo no município e Igarapé-Açú, mesorregião do nordeste paraense, na Amazônia – Brasil na Figura 06 a seguir:

Figura 6 - Localização da área experimental - Igarapé-Açu



Fonte: Foto - Google Earth, Acesso: 09 ago 2011.

4.2.3 Histórico das áreas de estudo

De acordo com Costa (2011) destaca sobre a origem da cidade de Igarapé-Açu, na realidade foi o núcleo colonial Jambu-Açu, fundado em 1895, no km-118, da Estrada de Ferro de Bragança. O núcleo de Jambu-Açu foi criado a partir da política do governo estadual, que era de propagar-se em toda Região Bragantina.

E em Jambu-Açu estabeleceram-se algumas famílias, principalmente espanholas. Posteriormente, através da Lei Estadual nº 902 de 5 de novembro de 1903, o povoado de Igarapé-Açu foi criado, durante o governo de Augusto Montenegro. Em 1906, mediante a promulgação da Lei nº 985 de 26 de outubro, o município de Igarapé-Açu foi instituído, com sede no antigo núcleo de Jambu-Açu. Sua criação foi em decorrência da extinção do município de Santarém Novo, que decaíra completamente. Não podendo o seu território ser anexado aos municípios vizinhos sob o perigo de decadência dos mesmos, segundo Palma Muniz, o Congresso do Estado achou por bem criar uma outra unidade municipal denominada de Igarapé-Açu, tirando parte do território de Belém e parte do antigo município de Santarém Novo. (COSTA, 2011)

Neste governo de Augusto Montenegro, no período de 1903, onde teve sua grande importância, pois a Estrada de Ferro de Bragança desempenhou um papel fundamental dentro dessa política de colonização, uma vez que promovia o escoamento dos produtos da Região Bragantina para Belém.

4.2.4 Sistema de uso e Manejo da área

Nosso estudo na área experimental do município de Igarapé-Açú, usou-se o seguinte experimento, relacionar em delineamento inteiramente casualizado. Sendo assim, consistiu-se em avaliar os seguintes atributos químicos: pH, carbono orgânico (C), nitrogênio total (N), fósforo disponível (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) trocáveis, CTC pH 7,0, soma de bases (SB), porcentagem de bases (%V) e porcentagem de alumínio (%m), em amostras coletadas em janeiro/2009 (período seco atípico), nas camadas de 0-5 e 5-10cm de um Latossolo Amarelo, sob seis diferentes sistemas de manejo e uso, descritos a seguir:

T1 – plantio sem queima, com trituração da vegetação – Cumaru;

T2 – Plantio com queima da vegetação – Cumaru;

T3 – Capoeira (vegetação secundária);

T4 – Plantio sem queima, com trituração da vegetação – FEIGA/UFRA;

T5 – Plantio com queima da vegetação – FEIGA / UFRA;

T6 – SAF sem queima, com trituração da vegetação – Nova Olinda.

Na visão e utilização para dos seguintes atributos biológicos, o seguinte: O Carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal (CO₂) e quociente metabólico (qCO₂) foram avaliados por meio de tratamentos, em quatro repetições, distribuídos em sistema fatorial 6x3x2, compreendendo os seis sistemas acima citados, três épocas de coleta do solo em 2009 (janeiro e dezembro - período seco; junho – período chuvoso) e duas profundidades do solo (0-5 cm e 0-10-cm). Na avaliação da relação carbono da biomassa microbiana:carbono orgânico (CBM:C), foi considerada somente a amostragem realizada em janeiro/2009 (período seco atípico), nas duas camadas do solo, já descritas, sob os seis sistemas de manejo e uso estudados.

4.2.5 Coleta das amostras de solo

As amostras de solo foram coletadas em janeiro de 2009. Nos sistemas foram abertos e coletados miniperfis com 25 cm de profundidade e coletadas fatias de solo nas profundidades de 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm e quatro repetições. As amostras de solo foram submetidas análise físico-químicas no Laboratório de Química da Embrapa Amazônia Oriental, (EMBRAPA, 1997).

As Amostras indeformadas para determinação da densidade do solo foram coletadas em mesmo ano e período. Retiraram-se amostras indeformadas nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20. A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997). Os valores de densidade de solo foram utilizados no cálculo dos estoques de C no solo.

4.2.6 Estoque de C no solo

Para determinação da concentração de C total, cerca de 20 g de solo foram triturados em almofariz (pilão de porcelana) e tamisados em peneira de 0,25 mm (60 mesh), adquirindo características de pó. Em seguida, foi pesado aproximadamente 0,20 g com precisão de quatro casas decimais, para determinação da concentração de C por combustão a seco, com analisador elementar da marca LECO, modelo CHN- S TRUSTEC. O estoque de carbono total do solo foi calculado segundo Veldkamp (1994), em que: $EstC = (Ct \times Ds \times e)/10$, onde:

$EstC$ = estoque de carbono total em determinada profundidade ($Mg\ ha^{-1}$); Ct = teor de carbono orgânico total na profundidade amostrada ($g\ kg^{-1}$); Ds = densidade do solo na profundidade amostrada ($g\ cm^{-3}$); e = espessura da camada considerada (cm).

4.2.7 Fracionamento físico

O fracionamento da MOS foi realizado pelo método densimétrico, adaptado de Sohi et al (2001) por Mendonça e Matos (2005), para a obtenção das frações livre leve (MOL-L) e livre oclusa (MOL-O). Para obtenção da fração leve livre (FLL) pesaram-se aproximadamente 15 g de TFSA em tubo de centrífuga de 100 mL, ao qual foram adicionados em seguida 30 mL de solução de iodeto de sódio com densidade de $1,8\ g\ cm^{-3}$. Para a determinação da fração leve oclusa (FLO), adicionou-se novamente a solução de iodeto de sódio ao solo remanescente no tubo de centrífuga, que foi agitado por 16 horas.

A concentração de C de FLO foi determinada em uma amostra composta de cada tratamento por profundidade, pois a massa seca das amostras simples não atingiu 0,20 g. A massa seca de todas as frações foi determinada após secagem em estufa a $65\ ^\circ C$ por 72 horas. As amostras secas, após fracionamento, foram maceradas em almofariz (pilão de porcelana) e tamisadas em peneira de 0,25 mm (60 mesh). Em seguida foi pesado aproximadamente 0,20 g para determinação da concentração de C de FLL e FLO de cada amostra. A concentração de C e N de FLO foi determinada em uma amostra composta de cada tratamento por profundidade,

pois a massa seca das amostras simples não atingiu 0,20 g. A determinação da concentração de C e N foi realizada por combustão a seco, com analisador elementar da marca LECO, modelo CHN-S TRUSTEC.

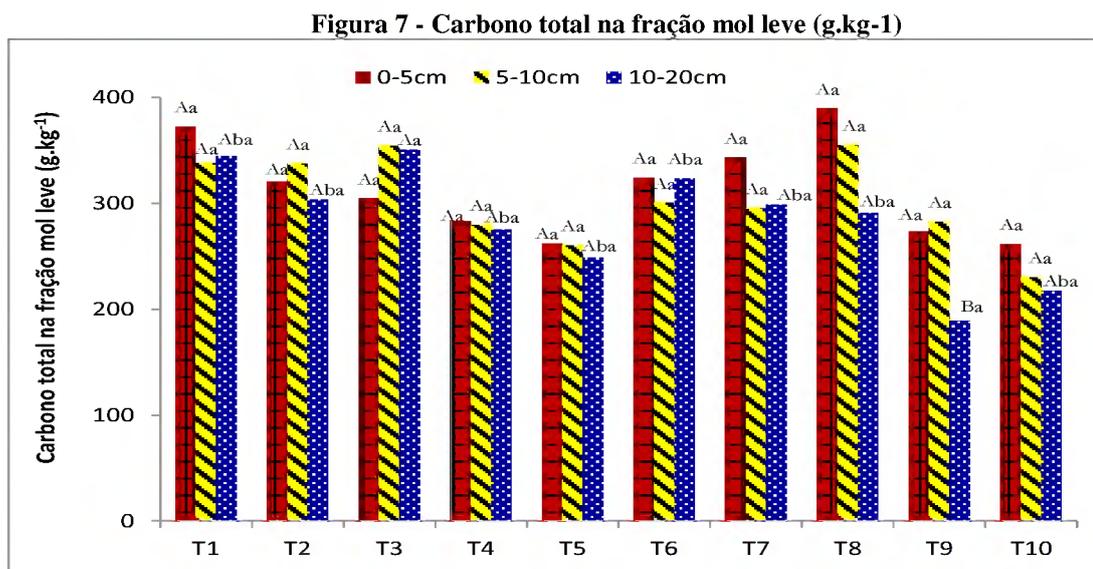
Dessa forma, as análises estatísticas estão relacionadas as comparações das médias foram feitas pelo teste SNK(Student-Newman-Keuls), utilizando-se o aplicativo computacional SISVAR (FERREIRA, 2007). Não foi testado o efeito dos tratamentos sobre a concentração de C de FLO devido à ausência de repetição para essa variável, apenas calculado uma media pelo desvio padrão.

4.3 Resultados e Discussão

Diante desta pesquisa, nos resultados e discussão analisaremos a categoria que é: Teor e estoque de carbono em frações densimétricas da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de uso da terra.

4.3.1 Teor e estoque de carbono em frações densimétricas da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de uso da terra.

Entre os tratamentos estudados os teores de carbono na fração leve livre não houve diferença estatística. Os maiores valores de carbono foram encontrados nos tratamentos T8 (SAF 1 TP) e T1 (CMC), ver Figura 7.



Fonte: Souza, 2012.

Figura 7: Carbono total na fração mol leve (g.kg⁻¹), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3= CMQ (Cumaru queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA

queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açu-PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso e letras minúsculas comparam as profundidades. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

É importante demonstrar que na Figura 7, as maiores concentrações de carbono na fração leve foi verificado no T8, o qual é correspondente a área de SAF- trituração com plantio.

Assim, este resultado é concordante com o reportado por Skjemstad & Dalal (1987), que também verificaram o acúmulo de fração leve favorecido em solos continuamente vegetados com elevado retorno da palhada, sendo exemplo deste comportamento os solos florestais ou os de pastagens permanentes. De acordo com Christensen (1992), o acúmulo de fração leve é influenciado pelo uso da terra, tipo de vegetação e outros fatores que alteram o balanço entre a produção e a decomposição da matéria orgânica.

Segundo Holscher et al., (1997) os tratamentos valores de carbono nas frações leve livre são verificados nos tratamentos submetidos a queima, daí resulta que as mudanças na quantidade e qualidade dos resíduos vegetais que foram adicionados ao solo, da relação entre a entrada por superfície e subsuperfície destes resíduos e, principalmente, das diferentes formas de manejo adotadas. Durante a queima da vegetação perde-se 98 % do carbono estocado na biomassa.

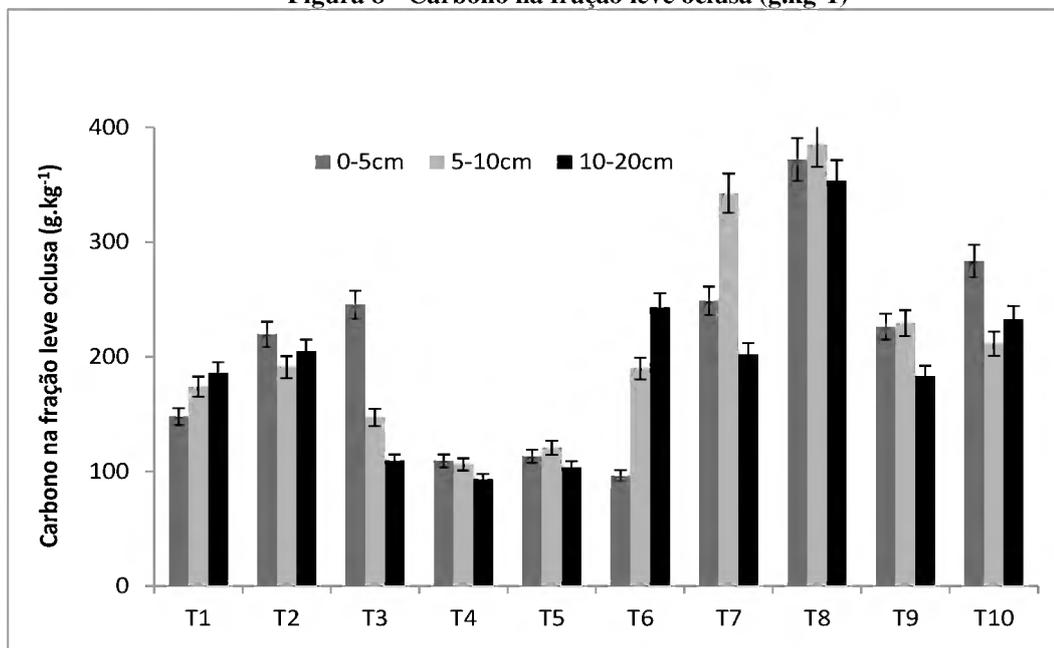
Pelos resultados, constata-se que as frações leves podem vir a ser utilizadas como indicadores de alterações resultantes do manejo do solo. Estes resultados concordam com os de Dalal & Mayer (1986); Janzen et al.(1992), em que as frações mais lábeis da MOS, como a fração leve, têm-se apresentado como um indicador sensível às mudanças decorrentes das diferentes formas de uso do solo.

Em contraste com solos permanentemente vegetados, solos cultivados tendem a conter menores quantidades de fração leve, conforme demonstrado por Dalal & Mayer (1986), Skjemstad & Dalal (1987). O sistema T1 (CMC) e T8 (SAF1TP), com maior aporte de resíduos vegetais por superfície e subsuperfície e o não revolvimento do solo tenham sido os principais responsáveis pelos elevados teores de C nestes sistemas de uso do solo.

O teor de carbono na fração oclusa foi maior no sistema T8 (SAF1TP) e as menores concentrações foram nos tratamentos T4(UFC) e T5 (UFSQ), nesta análise ver Figura 8, pois, nesta fração tem dois mecanismos a oclusão e recalcitrância. Esta fração em comparação a fração leve livre difere em estabilidade, composição química, grau de decomposição e função,

por isso nesses sistemas foram encontrados valores mais baixos, sugerindo um estágio mais avançado de decomposição da matéria orgânica leve oclusa.

Figura 8 - Carbono na fração leve oclusa (g.kg⁻¹)



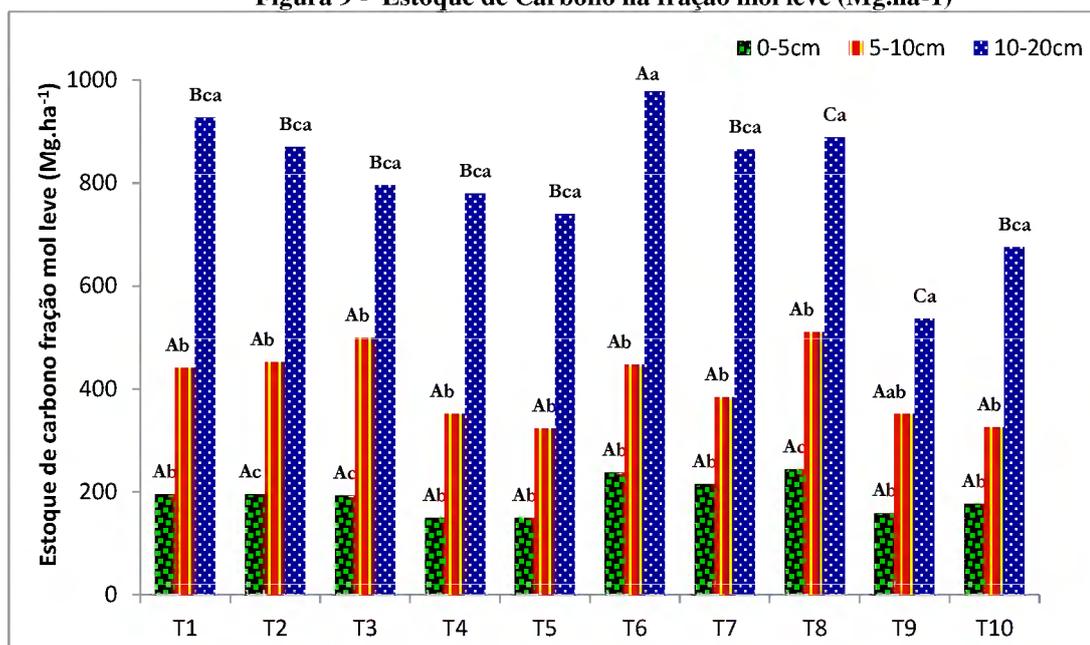
Fonte: Souza, 2012.

Figura 8: Carbono na fração leve oclusa (g.kg⁻¹), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3= CMQ (Cumaru queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açu-PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso e letras minúsculas comparam as profundidades. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Para o estoque de carbono da fração leve livre, na camada 0-5 cm, não houve diferença estatística entre os tratamentos, embora os maiores valores de estoque de carbono foram encontrados no T8 (SAF 1TP), ver Figura 9. Nas profundidades houve diferenças significativas.

Para Freixo et al. (2002) na camada 5-10 cm, o tratamento T8 (SAF 1TP), apresentou maior estoque de carbono, embora seja semelhante aos demais. Este maior aporte é justificado, provavelmente porque a deposição natural do material orgânico rico em nutrientes ocorre em maior quantidade na superfície do solo. Já na camada 10 a 20 cm, maiores estoques foram obtidos no tratamento T6 (UFQ).

Figura 9 - Estoque de Carbono na fração mol leve (Mg.ha⁻¹)



Fonte: Souza, 2012.

Figura 9: Estoque de Carbono na fração mol leve (Mg.ha⁻¹), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3= CMQ (Cumaru queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açú-PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso e letras minúsculas comparam as profundidades. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

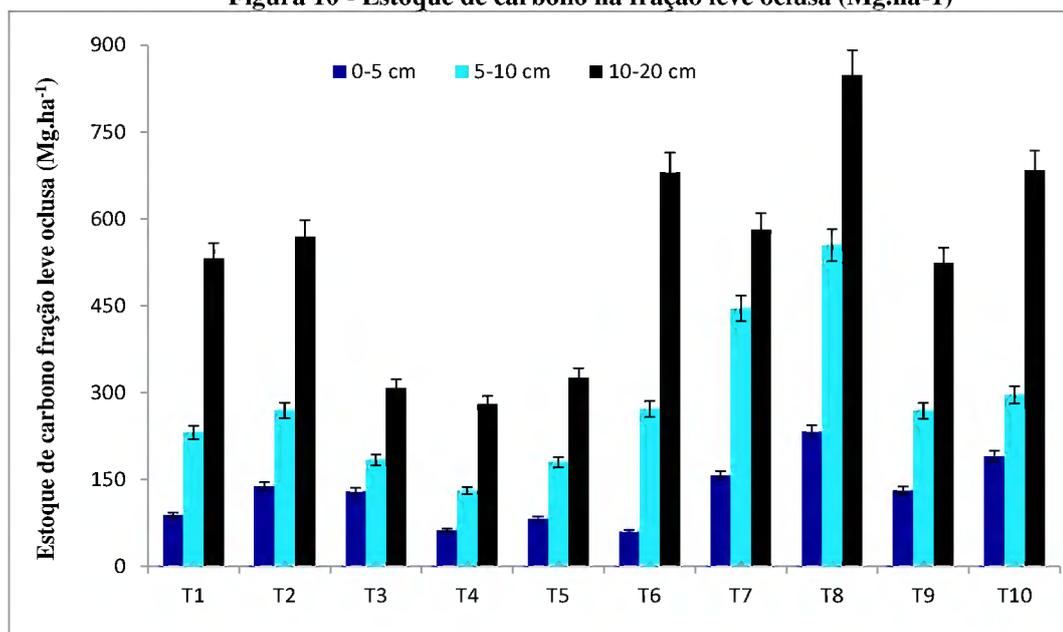
Esses tratamentos que apresentaram as maiores quantidades de fração leve livre (FLL) nas camadas 0 a 5 cm. Nessas áreas naturais, o aporte de serrapilheira (fragmentos de folhas, galhos e raízes) é restrito à camada superficial do solo, e os estoques de C da FLL representam a capacidade da vegetação em manter o estoque total de C da MOS (CHRISTENSEN, 1992; ROVIRA & VALLEJO, 2002; RANGEL & SILVA, 2007).

O maior estoque de carbono foram encontrados na fração leve livre. Não houve diferença estatística entre os tratamentos estudados. No entanto, esse maior estoque de C na FLL, foi observado também por diversos outros autores brasileiros, porém para Sollins et al (1996) não é coerente com os mecanismos de estabilização dessas frações, pois a FLO que apresenta dois mecanismos de estabilização no solo (recalcitrância + oclusão) deveria ter maior teor de C do que a FLL cuja estabilidade advém apenas da recalcitrância intrínseca da biomolécula à degradação microbiana. (ROSCOE ET AL. 2001; SOHI ET AL., 2001; FREIXO ET AL. 2002; PINHEIRO ET AL., 2004)

Segundo Campos (2006) nesses sistemas, o desenvolvimento de vegetação promove um microclima estável propício à manutenção de umidade e da temperatura do solo, assim reduz à atividade microbiana e mantém a matéria orgânica.

Nos sistemas que houve queima verificou resultados parecidos com outros trabalhos, corroborando com estudos no município de Igarapé-Açú, mostraram que a queima da capoeira provoca a perda de 94- 97% do carbono, demonstrando que grande parte do carbono é perdida por volatilização e uma pequena parte é perdida por lixiviação após a queima (SOMMER et al., 2004).

Figura 10 - Estoque de carbono na fração leve oclusa (Mg.ha⁻¹)



Fonte: Souza, 2012.

Figura 10: Estoque de carbono na fração leve oclusa (Mg.ha⁻¹), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3= CMQ (Cumaru queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açú-PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso e letras minúsculas comparam as profundidades. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Por fim, nos resultados para Rangel & Silva (2007) apresenta, que o maior estoque de carbono na fração oclusa, na camada 0-5 cm, foi encontrado no sistema T8 (SAF1TP) e os menores valores foram encontrados no sistema T6 ((UFQ). Na camada 5-10 cm, maiores valores foram obtidos no T8 (SAF1TP), e menores no T4 (UFC). Já na camada 10-20 cm, os tratamentos T8 (SAF1TP) e T10 (SAF 2QP) apresentaram maiores estoques de carbono quando comparados aos demais tratamentos, ver Figura 10, anterior. Resultados semelhantes foram óbitos.

4.4 Conclusões

A fração que mais estocou carbono foi a fração leve livre nos sistemas onde não ocorreram queima, o que demonstra a sua sensibilidade em relação ao sistema de manejo do solo, ou seja, solos onde houve um maior revolvimento esta fração se fez menos presente.

A fração leve livre foi mais sensível à degradação pelo cultivo, podendo ser utilizada como indicador da diminuição do conteúdo.

A fração leve livre concentrou e estocou mais carbono que a fração oclusa, em função dos seus diferentes mecanismos, e composição química.

REFERÊNCIAS

CHRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. **Advances in Soil Science**, v.20, p.1-90, 1992.

COSTA, João José da. **História de Igarapé-Açu**. Março de 2011. Disponível em: <http://blogigassu.blogspot.com/2011/03/historia-de-igarape-acu.html>. Acesso em: 21 ago 2012.

DALAL, R.C. & MAYER, R.J. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland. **Austr. J. Soil Res.**, 24:301-309, 1986.

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, 425-434, 2002.

BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A. **Características agroclimáticas do município de Igarapé-Açu**. In: EMBRAPA. SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZÔNIA ORIENTAL. Belém-PA. 2000

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A. & FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:425-434, 2002.

GOLCHIN, A.; CLARKE, P.; BALDOCK, J.; HIGASHI, T.; SKJEMSTAD, J.; OADES, J. The effects of vegetation burning on the chemical composition of soil organic matter in a volcanic ash soil as shown by ¹³C NMR spectroscopy. II. Density fractions. **Geoderma**, v.76, p.155-174, 1997.

GOLCHIN, A.; OADES, J.M.; SKJEMSTAD, J.O.; CLARKE, P. Study of free and occluded particulate organic matter in soils by solid state ^{13}C CP/MAS NMR spectroscopy and electron microscopy. **Australian Journal of Soil Research**, v.32, p.285-309, 1994.

GREGORICH, E.G.; BEARE, M.H.; MCKIM, U.F.; SKJEMSTAD, J.O. Chemical and biological characteristics of physically uncomplexed organic matter. **Soil Science Society of America Journal**, v.70, p.975-985, 2006.

HOLSCHER, D.; MOELLER, R. F.; DENICH, M.; FOLSTER, H. Nutrient input-output budget of shifting cultivation agriculture in Eastern Amazonia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.47, p.49-57, 1997.

JANZEN, H.H.; CAMPBELL, C.A.; BRANDT, S.A.; LAFOND, G.P.; TOWNLEY-SMITH, L. Light-fraction organic matter in soils from long-term crop rotations. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.1799-1806, 1992.

JINBO, Z.; CHANGCHUN, S.; SHENMIN, W. Dynamics of soil organic carbon and its fractions after abandonment of cultivated wetlands in Northeast China. **Soil and Tillage Research**, v.96, p.350-360, 2007.

KATO, O. R. **Fire-free Land Preparation as alternative to Slash-and-burn Agriculture in the Bragantina Region, eastern Amazon: Crop Performance and Nitrogen Dynamics**. (Doctor in Agricultural Sciences) - Faculty of Agricultural Sciences. Göttingen, 1998.

MENDONÇA, E. D. S.; MATOS, E. D. S. **Matéria orgânica do solo: Métodos de análises**. Viçosa: D&M gráfica e Editora, 2005. 107p.

PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L. H. C. **Agregate distribution and soil organic matter under different tillage system for vegetable crops in a Red Latosol from Brasil**. *Soil Tillage Research*, v.30, p.79-84, 2004.

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*, v.31, p.1609-1623, 2007.

ROSCOE, R.; BUURNMAN, P.; VELTHORST, E.J.; VASCONCELLOS, C.A. **Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotopic ratio in a Cerrado's oxisol**. *Geoderma*, v.104, p.185-202, 2001.

ROVIRA, P.; VALLEJO, V.R. **Labile and recalcitrant pools of carbon and nitrogen in organic matter decomposing at different depths in soil: an acid hydrolysis approach**. *Geoderma*, v.107, p.109-141, 2002.

SKJEMSTAD, J. & DALAL, R.C. **Spectroscopic and chemical differences in organic matter of two Vertissols subjected to long periods of cultivation**. *Austr. J. Soil Res.*, 25:323-335, 1987.

SOHI, S.P.; MAHIEU, N.; ARAH, J.R.M.; POWLSON, D.S.;MADARI, B. & GAUNT, J.L. **A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling.** *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65:1121-1128, 2001.

SOLLINS, P.; SPYCHER, G. & GLASSMAN, C.A. **Net nitrogen mineralizations from light-and heavy-fraction forest soil organic matter.** *Soil Biol. Biochem.*, 16:31-37, 1984.

SOHI, S. P.; MAHIEU, N.; ARAH, J. R. M.; POWLSON, D. S.; MADARI, B.; GAUNT, J. L. **A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling.** *Soil Science Society of America Journal*, v.65, n.4, p.1121-1128, 2001.

SOMMER, R. et al. **Nutrient balance of shifting cultivation by burning or mulching in the eastern Amazon: evidence for subsoil nutrient accumulation.** *Nutrient Cycle in Agroecosystem*, v.68, n.3, p.257-271, 2004.

STEVENSON, J. F. **Humus chemistry, g enesis, composition, reactions.** 2ed. New York:Wiley-Interscience publication, 1994. 495p

VELDKAMP, E. **Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation.** *Soil Science Society of America Journal*, v.58, p.175-180, 1994.

5. ESTOQUE DE CARBONO EM FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO NA AMAZONIA ORIENTAL.

RESUMO

O estudo da matéria orgânica em seus diversos compartimentos, bem como sua relação com o manejo do sistema ou da terra, visa desenvolver estratégias do ecossistema para utilização sustentável dos solos, com vistas a reduzir o impacto das atividades agrícolas sobre o ambiente. O fracionamento granulométrico permite o estudo dos compartimentos mais humificados e tipicamente mais estáveis às mudanças no ambiente do solo, provocados pelo manejo. O objetivo deste estudo foi avaliar e quantificar o estoque de carbono em frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de uso na Amazônia Oriental. O estudo foi realizado na Amazônia Oriental, no município de Igarapé-Açu, em solo classificado como Latossolo Amarelo. As áreas experimentais situadas nas comunidades de Cumaru (Travessa Cumaru), Nova Olinda (em propriedades de pequenos produtores rurais) e UFRA- FEIGA. Os sistemas de uso consistem T1 CC(Cumaru Capoeira), T2 CSQT (Cumaru sem queima triturado), T3 CQ(Cumaru queima), T4 UFC (UFRA Capoeira), T5 UFSQT (UFRA sem queima triturado), T6UFQ (UFRA queima), SAF 1 CT (SAF Capoeira Plantio), SAF 1 PT(SAF plantio triturado), SAF 2 C (SAF Capoeira) SAF 2 QP(SAF queimado e plantio). Foram coletadas amostras de solos nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Foram separadas as frações densimétricas (leve livre e leve oclusa) para a determinação de teores de carbono por combustão em analisador elementar LECO CHN-S TRUSTEC. As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância e as medias foram comparadas pelo teste de SNK. Foi utilizado o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2007). O sistema T3 UFC (UFRA capoeira) apresentou uma maior concentração em função da textura areno-argilosa desta área tenha proporcionado esta concentração, o manejo da área, sem revolvimento do solo, a resíduos vegetais no solo provenientes da Capoeira, o que ajuda a manter a matéria orgânica no solo e ciclagem dos nutrientes. A contribuição da fração S+A se destacou na concentração e estoque de carbono total.

Palavras-chave: Amazonia. Estoque de Carbono. Fracionamento granulométrico.

ABSTRACT

CARBON STOCK IN GRANULOMETRIC FRACTIONS SOIL ORGANIC MATTER IN DIFFERENT SYSTEMS FOR USE IN EASTERN AMAZON

The study of organic matter in its various compartments, as well as its relationship with the management of the system or land, aims to develop ecosystem strategies for sustainable land use, with a view to reducing the impact of agricultural activities on the environment. The granulometric fractionation allows the study of the most humid and typically more stable compartments to the changes in the soil environment, caused by the handling. The objective

of this study was to evaluate and quantify the carbon stock in granulometric fractions of soil organic matter under different systems of use in the Eastern Amazon. The study was carried out in the eastern Amazonia, in the municipality of Igarapé-Açu, in a soil classified as Yellow Latosol. Experimental areas located in the communities of Cumaru (Crossbeam Cumaru), Nova Olinda (on small farmer properties) and UFRA-FEIGA. The systems of use consist of T1 CC (Cumaru Capoeira), T2 CSQT (Cumaru without crushed burning), T3 (SAF Capoeira Plantio), SAF 1 PT (SAF planting crushed), SAF 2 C (SAF Capoeira Plantio), SAF 1 C (SAF Capoeira Plantio), SAF 1 PT SAF Capoeira) SAF 2 QP (SAF burned and planted). Soil samples were collected at depths 0-5, 5-10 and 10-20 cm. The densimetric fractions were separated (free and lightweight occluded) for the determination of carbon contents by combustion in the LECO CHN-S TRUSTEC elemental analyzer. The studied variables were submitted to analysis of variance and the means were compared by the SNK test. The statistical program SISVAR (FERREIRA, 2007) was used. The T3 UFC (Ufra capoeira) system presented a higher concentration as a function of the sandy-clay texture of this area, which provided the concentration, the management of the area, without soil rotation, to vegetal residues in the soil from Capoeira, which helps maintain soil organic matter and nutrient cycling. The contribution of the S + A fraction stood out in the concentration and total carbon stock.

Keywords: Amazonia. Carbon Stock. Granulometric fractionation.

5.1 Introdução

A substituição de ecossistemas naturais por cultivos agrícolas geralmente resulta em alterações na quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo. A magnitude dessas mudanças varia de acordo com as propriedades originais do solo, o clima, a cultura implantada e o manejo da terra. O carbono (C) orgânico do solo, muitas vezes, não tem sido sensível a essas mudanças, razão pela qual a distribuição de suas diferentes frações vem sendo utilizada para avaliar melhor a qualidade da matéria orgânica do solo. O uso e as mudanças no uso e manejo dos solos figuram entre os principais fatores determinantes dos estoques de carbono orgânico do solo (COS).

A degradação do solo está relacionada à dinâmica da matéria orgânica e, tem-se ressaltado que a conversão de matas nativas em sistemas agrícolas reduz drasticamente os teores de matéria orgânica, por apresentar menor suprimento de resíduos e aumentou taxa de decomposição e perdas da camada superficial do solo por erosão⁸.

De acordo com Bayer et al. (2004) destacam em seus estudos que a reserva de carbono na matéria orgânica do solo é uma importante estratégia para atenuar a concentração de dióxido de carbono na atmosfera. O armazenamento de carbono preferencialmente na fração

⁸ Para Santos & Souza (2012) destacam o conceito de erosão é um fenômeno natural provocado pela desagregação de materiais da crosta terrestre pela ação dos agentes exógenos, tais como as chuvas, os ventos, as águas dos rios, entre outros. Essas partículas que compõem o solo são deslocadas de seu local de origem, sendo transportadas para as áreas mais baixas do terreno.

estável da matéria orgânica representa um benefício ambiental cuja manutenção depende fundamentalmente do manejo e do aporte de resíduos vegetais no solo.

O estudo da matéria orgânica em seus diversos compartimentos, bem como sua relação com o manejo, visa desenvolver estratégias para utilização sustentável dos solos, com vistas em reduzir o impacto das atividades agrícolas sobre o ambiente.

Em Feller & Beare (1997) “o fracionamento granulométrico permite o estudo dos compartimentos mais humificados e tipicamente mais estáveis às mudanças no ambiente do solo, provocados pelo manejo”.

A Fração pesada é constituída por materiais orgânicos de difícil decomposição. Esta fração é formada por compostos orgânicos de elevada recalcitrância, como remanescentes de cutina e suberina, assim como matérias resistentes, sintetizados pela microbiota durante o processo de decomposição. A fração pesada concentra a maior parte do carbono orgânico do solo, sendo responsável, na maioria das vezes, por mais de 90 % do carbono total. Também constaram que 60% a 90% do carbono orgânico total estavam localizados na fração pesada de granulométrica mais fina. A fração pesada é considerada a mais estável das frações densimétricas, sendo caracterizada por baixa taxa de ciclagem (CHRISTENSEN, 1992; FREIXO et al., 2002).

Isso é particularmente importante em solos tropicais, pois para Feller; Beare (1997); Bernoux et al. (1999); Desjardins et al. (2004) demonstram que onde de 20-40% do carbono orgânico do solo está associado com a fração areia. Por outro lado, em Gavinelli et al., (1995); Feller; Beare, (1997) o mecanismo de proteção física faz com que a matéria orgânica considerada lábil permaneça por longos períodos no solo, para Ladd; Foster; Skjemstad (1993) livre do ataque de microrganismos e como fonte de reserva de C e de nutrientes . Depreende-se então, que a substituição da vegetação natural influencia sobremaneira a agregação do solo, o que altera de alguma forma os estoques de carbono. Os dados de Desjardins et al (1994) e Bernoux et al (1999) confirmam essa assertiva.

A reserva de carbono na matéria orgânica do solo é uma importante estratégia para atenuar a concentração de dióxido de carbono na atmosfera. O armazenamento de carbono preferencialmente na fração estável da matéria orgânica representa um benefício ambiental cuja manutenção depende fundamentalmente do manejo e do aporte de resíduos vegetais no solo (BAYER, et al 2004).

A sustentabilidade de sistemas de culturas abrange vários fatores, como a participação no processo de sequestro de carbono, o qual está relacionado com a produtividade dos solos, devido à manutenção da matéria orgânica, e ao acúmulo de carbono no solo. Alterações dos teores carbono orgânico do solo, ocasionadas pelo uso do solo, podem ser melhor compreendidas pelas mudanças nos seus diferentes compartimentos. Em áreas cultivadas, os teores de MO, via de regra, diminuem, já que as frações orgânicas são mais expostas ao ataque de microrganismos, em função do maior revolvimento e desestruturação do solo .De modo geral, em áreas cultivadas com culturas anuais, ou no sistema de queima e roça da Amazônia, os

teores de matéria orgânica, geralmente, diminuem, já que as frações orgânicas são mais expostas ao ataque de microrganismos, em função do maior revolvimento e desestruturação do solo ((FIGUEIREDO et al., 2010; CERRI et al 1985; MARTINS et al., 1989; FELLER; BEARE, 1997).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar e quantificar o estoque de carbono em frações granulométricas da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de uso da terra no nordeste paraense.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Caracterização das Áreas de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Igarapé-Açu, localizado na região Bragantina, pertencente à mesorregião do nordeste paraense. As áreas de pesquisas experimentais são nas comunidades de Cumarú (Travessa Cumarú), Nova Olinda (em propriedades de pequenos produtores) e UFRA/FEIGA.

Para Kato (1998) indica que os solos da Região Bragantina apresentam características pedológicas relativamente uniformes em grande parte da região. Devido às características do material parental e em virtude de processos de percolação.

No município de Igarapé-Açu, o solo dominante é o Latossolo Amarelo com horizonte A moderado, textura média, sendo que algumas porções apresentam o caráter concrecionário em terra firme, além da presença de solos hidromórficos encontrados nas várzeas dos rios que servem o município.

Dessa forma, podemos direcionar para a Tabela 1, onde são compreendidos os Tratamentos; Ds= Densidade do solo (kg.dm⁻³); pH = potencial hidrogênico; Ca⁺⁺;Mg⁺⁺ K⁺ e Na⁺ trocáveis; Al⁺³ = alumínio trocável; P = fósforo disponível; profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumarú); T2= CMSQT (Cumarú sem queima triturado); T3= CMQ (Cumarú queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açu-PA

5.2.2 Coleta das amostras de solo

As amostras de solo foram coletadas em janeiro de 2009. Nos sistemas foram abertos e coletados miniperfis com 25 cm de profundidade e coletadas fatias de solo nas profundidades

de 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm e quatro repetições. As amostras de solo foram submetidas análise físico-químicas no Laboratório de Química da Embrapa Amazônia Oriental, (EMBRAPA, 1997).

As Amostras indeformadas para determinação da densidade do solo foram coletadas em mesmo ano e período. Retiraram-se amostras indeformadas nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20. A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997). Os valores de densidade de solo foram utilizados no cálculo dos estoques de C no solo.

5.2.3 Estoque de C no solo

Para determinação da concentração de C total, cerca de 20 g de solo foram triturados em almofariz (pilão de porcelana) e tamisados em peneira de 0,25 mm (60 mesh), adquirindo características de pó. Em seguida, foi pesado aproximadamente 0,20 g com precisão de quatro casas decimais, para determinação da concentração de C por combustão a seco, com analisador elementar da marca LECO, modelo CHN- S TRUSTEC. O estoque de carbono total do solo foi calculado segundo Veldkamp (1994), em que: $EstC = (Ct \times Ds \times e)/10$, onde:

$EstC$ = estoque de carbono total em determinada profundidade ($Mg \text{ ha}^{-1}$); Ct = teor de carbono orgânico total na profundidade amostrada ($g \text{ kg}^{-1}$); Ds = densidade do solo na profundidade amostrada ($g \text{ cm}^{-3}$); e = espessura da camada considerada (cm).

5.2.4 Fracionamento Granulométrico

Depois de ter obtido o fracionamento densimétrico foi realizado o fracionamento granulométrico, 0,5 g de hexametafosfato de sódio foi adicionado ao recipiente, que foi agitado por 16 horas para dispersão do solo, que foi peneirado em malha de 53 μm de diâmetro para separar a fração areia da fração silte + argila ($F < 53 \mu\text{m}$). A massa seca de todas as frações foi determinada após secagem em estufa a 65 °C por 72 horas. As amostras secas, após fracionamento, foram maceradas em almofariz (pilão de porcelana) e tamisadas em peneira de 0,25 mm (60 mesh). Em seguida foi pesado aproximadamente 0,200 g para determinação da concentração de C de FA e FSA de cada amostra. A determinação da concentração de C foi realizada por combustão a seco, com analisador elementar da marca LECO, modelo CHN-S TRUSTEC.

Sendo assim, as análises estatísticas desta pesquisa são utilizando-se o aplicativo computacional SISVAR (FERREIRA, 2007). Para testar o teor de carbono em frações granulométricas em diferentes sistemas de uso da terra, em comparação, foram verificados cálculo com uma apresentação de menores valores na camada 0-5.

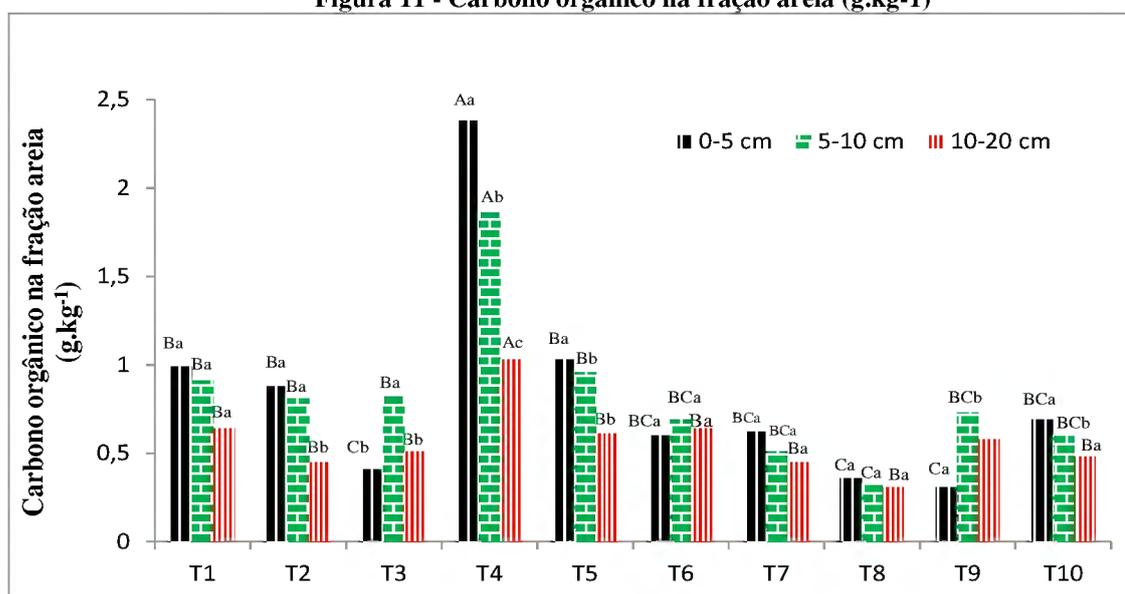
5.3 Resultados e Discussão

Diante destes estudos, os resultados e discussão analisou-se a categoria sobre o “Teor de carbono em frações granulométricas em diferentes sistemas de uso da terra”.

5.3.1 Teor de carbono em frações granulométricas em diferentes sistemas de uso da terra

O teor de carbono na fração areia entre os tratamentos estudados apresentou diferença estatística, em termos de camadas também. Independente da camada estudada o tratamento T4 (UFC), superou todos os demais em teores de carbono. Na camada 0-5 cm, o tratamento T9 (SAF2C), apresentou os menores valores, porém foi semelhante aos tratamentos: T3 (CMQ), T6 (UFQ), T7 (SAF 1C), T8 (UFS 1 TP) e T10 (SAF 2 TP) (Figura 11).

Figura 11 - Carbono orgânico na fração areia (g.kg⁻¹)



Fonte: Souza, 2012.

Figura 11: Carbono orgânico na fração areia (g.kg⁻¹), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3= CMQ (Cumaru queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açú-PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso e letras minúsculas comparam as profundidades. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Nesses tratamentos houve decréscimo da fração em quase todas as profundidades. Menor teor é, provavelmente devido à dificuldade de se realizar complexos organominerais que passam a manter os ácidos orgânicos provenientes da decomposição dos resíduos vegetais no solo, o que pode ser explicado pela intensidade dos processos de adição de resíduos vegetais com baixas taxas de decomposição na superfície do solo. A pequena proporção de areia encontrada no solo deste trabalho contribuiu para aumentar a proporção da parte orgânica na fração.

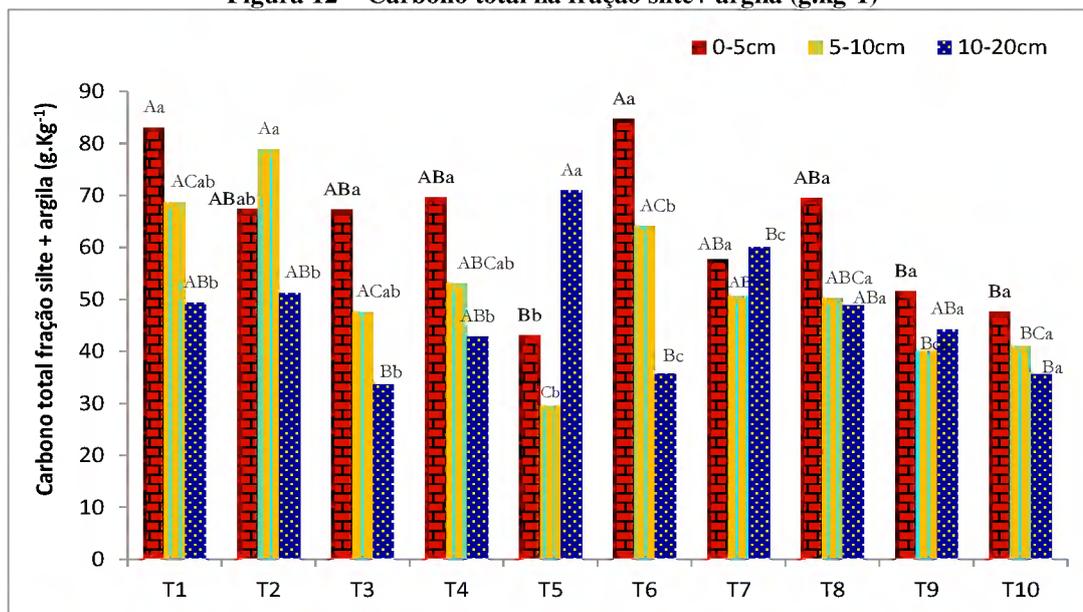
Os valores de carbono nesta fração tende a diminuir em profundidade, com concentração de carbono nas camadas superficiais, o que pode corroborar com outros estudos de fracionamento granulométrico da MO feito por Desjardins et al., (1994), em Latossolo de Capitão Poço (PA), mostrou que as mudanças nos conteúdos de MO do solo foram predominante na camada superior (0,0-0,1 m), diminuindo com o aumento da profundidade.

Nesses tratamentos, os menores teores de CO foram na camada de 0-20 cm e se deve, segundo Neves et al., (2005), à perda do material orgânico da fração areia dado à maior labilidade, à suscetibilidade, à oxidação e à desintegração dos resíduos vegetais e hifas de fungos presentes nessa fração.

Maiores valores de C na profundidade de 10 a 20 cm, foi obtido no tratamento T5 (UFSQT), este por sua vez diferiu somente dos tratamentos T3 (CMQ), T6 (UFQ) e T10 (SAF 2 QP). Justifica-se em virtude do maior aporte de material vegetal comumente deixados no solo pelo manejo da área trituração. Isto demonstra o grande potencial do solo em armazenar carbono nas frações mais finas, os quais retêm a MO, impedindo sua saída. Além disso, a argila pode alterar a umidade do solo, afetando a decomposição do COS e a entrada de C para solos via produtividade da planta.

Os teores de C na fração Silte + Argila foram maiores nas camadas superficiais do solo e decresceu com a profundidade. Na camada 0-5 cm, os maiores teores de carbono, foram encontrados nos tratamentos T1 (CC) e T6 (UFQ), porém com exceção dos sistemas T5 (UFSQT), T9 (SAF 2 C) e T10 (SAF 2 QP), os demais foram iguais (Figura 12).

Figura 12 - Carbono total na fração silte+ argila (g.kg⁻¹)



Fonte: Souza, 2012.

Figura 12: Carbono total na fração silte+ argila (g.kg⁻¹), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3= CMQ (Cumaru queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açu-PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso e letras minúsculas comparam as profundidades. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Dessa forma, verificou-se que para Hassink (1997) o sistema T6 (UFQ) diferiu estatisticamente entre as camadas estudadas, resultado direto da remoção dos resíduos pela queima. Segundo Stevenson (1982), isto é indicativo de maior estabilidade da matéria orgânica pela formação de complexo organo-mineral. Taxas de mineralização do carbono, geralmente decrescem com o aumento do teor da argila.

Nos tratamentos estudados a maior concentração das frações associadas a silte + argila o que corrobora com outros estudos que mostram que a dinâmica das diferentes frações granulométricas da matéria orgânica está intimamente relacionada com a textura do solo. Assim, solos arenosos apresentam uma maior proporção de carbono orgânico associado às partículas de areia (> 50 µm), o que lhes confere uma maior fragilidade no que diz respeito ao manejo, uma vez que esta fração, composta principalmente de resíduos vegetais, é facilmente mineralizada (MARTINS et al., 1989; FELLER; BEARE, 1997; SILVER et al., 2000; DESJARDINS et al., 2004; FELLER, BEARE, 1997).

Nos solos argilosos, entretanto, verifica-se um maior conteúdo de carbono nas frações associadas à silte e argila (DESJARDINS et al., 2004), devido à maior estabilidade dos

complexos organo-minerais formados (SÁNCHEZ, 1981), o que promove uma maior persistência destas frações no solo.

Nos tratamentos estudados em sua maioria houve concentração de C na superfície, os teores de CO podem ter sido causados devido à alta produção de biomassa, isto foi evidenciado por Tognon et al., (2002) e Santos (2008), que encontraram maiores acúmulos de MO em solos amazônicos de mesma textura. Esses autores afirmam que, o teor de MO nos solos são influenciados por uma série de fatores, porém o clima atua como um forte componente onde o teor de MO e de N aumentam de acordo com o aumento da umidade e decresce com o aumento da temperatura.

Nos sistemas estudados percebeu-se uma perda de carbono na fração areia, segundo Bayer (1996) observou que a taxa de decomposição média da matéria orgânica nessa fração foi de 4,5 e 3,4 vezes superior a das frações argila no plantio convencional e plantio direto, respectivamente, para um Argissolo Vermelho.

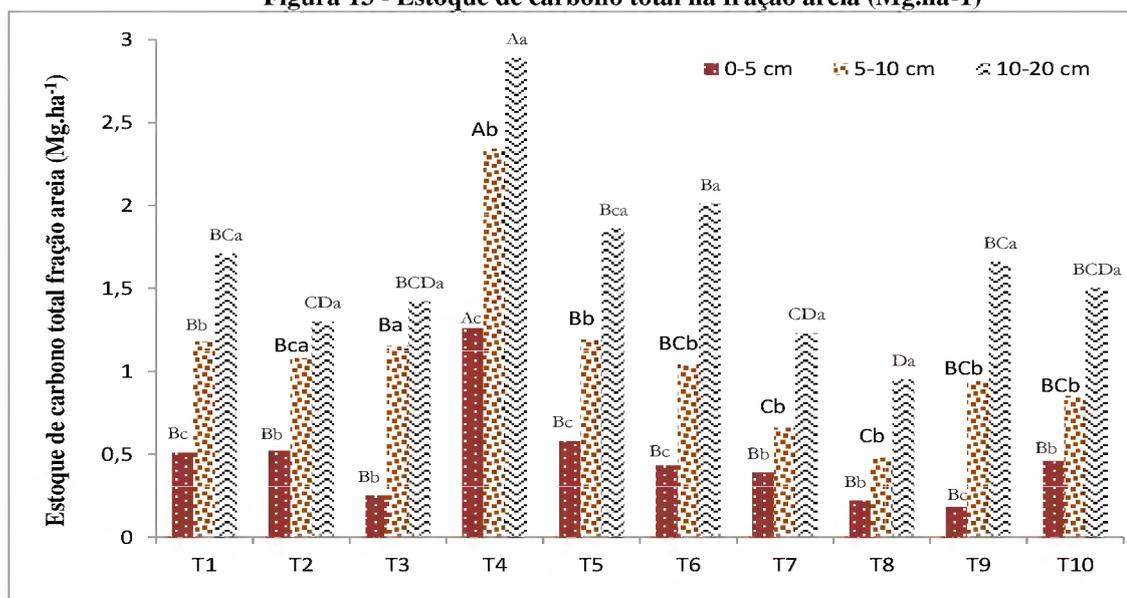
Os efeitos da queima restringe a quantidade e qualidade da matéria orgânica. A qualidade é alterada, pois parte do carbono está na forma de carvão, o qual não é utilizado como fonte de energia pelos microorganismos do solo e conseqüentemente decomposição química (SPAGNOLLO et al., 2010).

Muitos trabalhos mostram que solos arenosos apresentam maior proporção de carbono orgânico associado à partículas de areia (MARTINS et al., 1989; DESJARDINS et al., 1994; 2004; BERNOUX et al., 1999), o que lhes confere maior fragilidade no que diz respeito ao manejo, uma vez que esta fração, composta principalmente de resíduos vegetais, é facilmente mineralizada.

Em solos argilosos, observa-se um maior conteúdo de carbono nas frações associadas a silte e argila (DESJARDINS et al., 2004), devido à maior estabilidade dos complexos formados, acarretando maior persistência destas frações no solo (TISDALL; OADES, 1982).

O estoque de carbono na fração areia entre os tratamentos estudados houve diferença estatística, bem como nas camadas estudadas. Maiores valores de estoque de carbono na fração areia, foram obtidas nas camadas subsuperficiais do solo e decresceu em superfície. Na camada 0-5 cm, os maiores teores de carbono, foram encontrados no tratamento T4 (UFC), por sua vez superou todos os demais tratamentos. O tratamento T9 (SAF 2C), apresentou os menores valores, porém foi semelhante aos tratamentos, com exceção do T4, ver Figura 13 a seguir.

Figura 13 - Estoque de carbono total na fração areia (Mg.ha⁻¹)



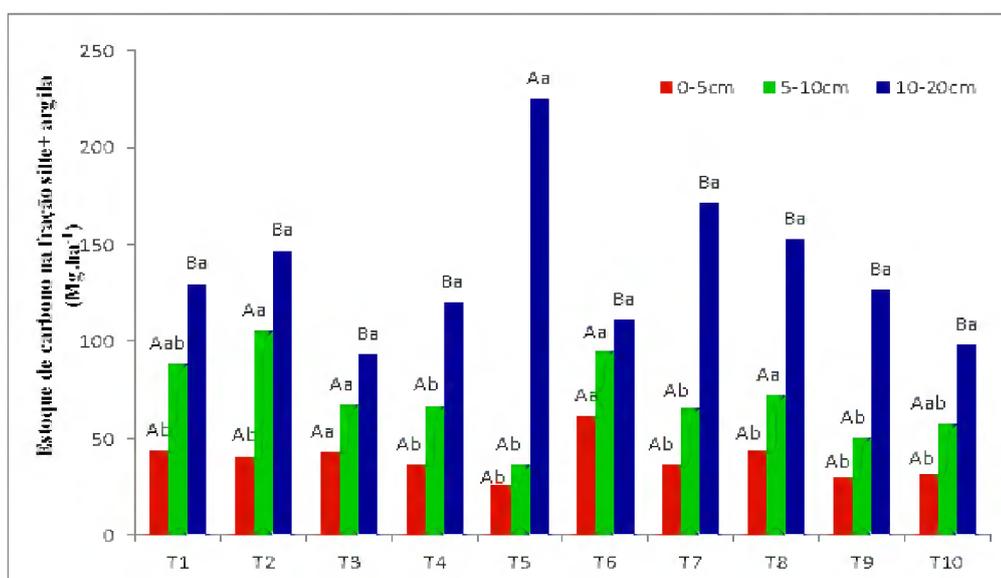
Fonte: Souza, 2012.

Figura 13: Estoque de carbono total na fração areia (Mg.ha⁻¹), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3= CMQ (Cumaru queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açú-PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso e letras minúsculas comparam as profundidades. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Maiores valores de estoque de carbono na fração areia na profundidade de 10 a 20 cm foi obtido no tratamento T4 (UFC), que diferiu estatisticamente de todos os outros tratamentos. Na mesma camada, menores valores foram obtidos no T8 (SAF 1 TP), sendo igual aos tratamentos T5 (UFSQT), T9 (SAF 2 C) e T1 (CC). Justifica-se em virtude do estoque de matéria orgânica (MO) apresenta rápida queda quando o solo é submetido a sistemas de preparo com intenso revolvimento (SILVA et al., 1994), decorrente do aumento das perdas por erosão hídrica e oxidação microbiana, pode-se verificar na Figura 14 a seguir.

O estoque de carbono na fração S+A entre os tratamentos estudados não houve diferença estatística nas duas primeiras camadas, exceto para o tratamento T5 (UFSQT) que houve diferença estatística na camadas de 10-20 cm, apresentando valores mais elevados de carbono dentre os demais tratamentos (Figura 14).

Figura 14 - Estoque de carbono na fração silte+ argila ($Mg\cdot ha^{-1}$)



Fonte: Souza, 2012.

Figura 14: Estoque de carbono na fração silte+ argila ($Mg\cdot ha^{-1}$), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3= CMQ (Cumaru queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açu-PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso e letras minúsculas comparam as profundidades. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

A MO desempenha papel importante na qualidade do solo para o crescimento das plantas. Os sistemas de manejo do solo e dos resíduos culturais influenciam os teores de MOS (DALAL e CHAN, 2001; FREIXO et al., 2002). Nos sistemas com mínimo revolvimento do solo, verifica-se aumento nos teores de MO (REEVES, 1997), com a concentração desta na superfície (FRANZLUEBBERS, 2002). Segundo (DORAN & PARKIN, 1994; CONCEIÇÃO et al., 2005) o COT pode ser utilizado como indicador do efeito de sistemas de manejo na qualidade do solo.

Essas maiores taxas de acúmulo de C no solo estão associadas a maior aporte de material orgânico ao solo pelas culturas (LOVATO et al., 2004). Nessas áreas a utilização de diferentes culturas, com diferentes aportes de C, resulta em diferentes estoques de C no solo, conforme relato de (DIEKOW, 2005).

Quando a floresta primária é convertida em pasto ou áreas agrícolas, usando a técnica de corte e queima, o conteúdo de nutrientes e carbono do solo são vulneráveis a perda através de vários mecanismos, incluindo a combustão durante o fogo, mais rápida de composição da matéria orgânica do solo, mudanças químicas e microclimáticas do solo, e alterações na qualidade e quantidade do ciclo de nutrientes através do sistema que substitui a floresta (JUO

e MANU, 1996). Na queima de uma capoeira de sete anos de idade na região Bragantina, estimou-se uma perda de 21,5 Mg C e 372,0 kg N ha⁻¹ (SOMMER, 2000).

A contribuição de cada fração revelou que para a maioria das situações as frações S+A se destacou sendo responsável por mais de 70 % do total da concentração e estoque de carbono. Essas proporções são próximas das encontradas para condições de solos tropicais (FREITAS et al., 2000).

5.4 Conclusões

Em termos de estoque de carbono o sistema T3 UFC (Ufra capoeira) apresentou uma maior concentração em função da textura areno-argilosa desta área tenha proporcionado esta concentração, o manejo da área, sem revolvimento do solo, a resíduos vegetais no solo provenientes da Capoeira, o que ajuda a manter a matéria orgânica no solo e ciclagem dos nutrientes.

A contribuição da fração S+A se destacou na concentração e estoque de carbono total.

REFERÊNCIAS

CAMBARDELLA, C.A. & ELLIOTT, E.T. **Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence.** *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:777-783, 1992.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. **Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 777–788, 2005.

CHRISTENSEN, B.T. **Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates.** *Advances in Soil Science*, v.20, p.1-90, 1992.

BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A. **Características agroclimáticas do município de Igarapé-Açu.** In: EMBRAPA. Seminário sobre manejo da vegetação secundária para a sustentabilidade da agricultura familiar da Amazônia Oriental. Belém-PA. 2000

BAYER, C. MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. & PAVINATO, A. **Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto.** *Pesq. Agropec. Bras.*, 39:677-683, 2004.

BAYER C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas de manejos de solos.** 1996. 240f. Tese (Doutorado em Ciência do solo) – Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

BERNOUX, M.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C.; GERALDES, A.P.A.; FERNANDES, S.A.P. **Carbono e nitrogênio em solo de uma cronossequência de floresta tropical-pastagem de Paragominas**. *Scientia Agricola*, v.56, p.777-783, 1999

CARMO, F.F.; FIGUEREDO, C. C; RAMOS, L. G. **Granulometric fractions of organic matter of a latosol under No-till with grasses** *Biosci. J.*, uberlândia, v. 28, n. 3, p. 420-431, may./june. 2012.

CERRI,C.C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo no agroecossistema cana-de-açúcar**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio grande do Sul, 1986. (Tese de Doutorado)
TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, v.33, p.141-163, 1982.

DALAL, R.C. & MAYER, R.J. **Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland**. *Austr. J. Soil Res.*, 24:301-309, 1986.

DESJARDINS, T.; BARROS, E.; SARRAZIN, M.; GIRARDIN, C. & MARIOTTI, A. **Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian Amazonia**. *Agric. Ecosyst. Environ.*,103:365-373, 2004.

DESJARDINS, T.; ANDREUX, F.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. **Organic carbon and ¹³C contents in soils and soils size-fractions, and their changes due to deforestation and pasture installation in eastern Amazonia**. *Geoderma*, v.61, p.103-118, 1994.

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P. & KÖGELKNABNER,I. **Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 year**. *Soil and Tillage Research*,v.81, p.87-95, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FELLER, C.; BEARE, M.H. **Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics**. *Geoderma*, v.79, p.69-116, 1997..

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S. & CARNEIRO, M. A. C. Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 907-916, 2010.

FREITAS, P.L. 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.

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. **Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, 425-434, 2002.

GAVINELLI, E.; FELLER, C.; LARRÉ-LARROUY, M.C. & BACYE, B. **A routine method to study soil organic matter by particle-size fractionation: examples for tropical soils.** *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 26:1749-1760, 1995.

HASSINK, J.; WHITMORE, A. P. **A model of the physical protection of organic matter in soils.** *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 61, p.131-139, 1997.

JUO, A.S.R.; MANU, A. **Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture.** *Agric Eosyst. Environ.*58:49-60.1996

KATO, O. R. **Fire-free Land Preparation as alternative to Slash-and-burn Agriculture in the Bragantina Region, eastern Amazon: Crop Performance and Nitrogen Dynamics.** (Doctor in Agricultural Sciences) - Faculty of Agricultural Sciences. Göttingen, 1998.

LADD, J.N.; FOSTER, R.C.; SKJEMSTAD, J.O. **Soil structure: carbon and nitrogen metabolism.** *Goederma*, v.56, p.401-434, 1993.

MARTINS, P.F.S.; CERRI, C.C.; ANDREUX, F.; VOLKOFF, B. **O solo de um ecossistema natural de floresta localizado na Amazônia Oriental. II. Fracionamento da matéria orgânica do horizonte A.** *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Sér. Ciências da Terra.* v.1, n.2, p.79-89, 1989.

NEVES, C. M. N.; FELLER, C.; LARRÉ-LARROUY, M. C. **Matéria orgânica nas frações granulométricas de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes sistemas de uso e manejo.** *Ciências Agrárias*, Pernambuco, v. 26, p. 17-26, 2005.

PAULINO, V.T; BRAGA, G. J.; LUCENA, M. A. C.; GERDES, L.; COLOZZA, M. **T. Sustentabilidade de pastagens consorciadas – Ênfase em leguminosas forrageiras.** In: II Encontro Sobre LeguminosasForrageiras, Nova Odessa, 2008.

ROSCOE, R.; BUURNMAN, P.; VELTHORST, E.J.; VASCONCELLOS, C.A. **Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the 13C/12C isotopic ratio in a Cerrado's oxisol.** *Geoderma*, v.104, p.185-202, 2001.

SÁ, J. C. M.; LAL, R. **Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol.** *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 103, n. 1, p. 46-56, 2009.

SÁNCHEZ, P.A. **Suelos del trópico: características y manejo.** San José: IICA, 1981. 660p

SANTOS, E.A.; Kliemann, H.J. **Disponibilidade de fósforo de fosfatos naturais em solos de cerrado e sua avaliação por extratores químicos.** *Revista Agropecuária Tropical*, v. 35, n.3, p.139-146, 2005. <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/download/2214/2170>>. 12 Jun. 2011

SANTOS WALTER; SOUZA, TERESA. **Erosão.** 2012. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/erosao.htm>. Acesso em: 11 Jul. 2012.

SILVA, C.A. e MACHADO, P.L.O.A. **Seqüestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas: Estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais.** Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2000. (Documentos, 19).

SILVA, J.E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D.V.S. **Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.18, p.541-547, 1994.

SÖMMER, R. **Water and. Nutrient balance in deep soils under shifting cultivation with an withoutburning in the Eastern Amazon.** Göttingen, cuvillier, tese de Doutorado, 2000, p.240.

SOMMER, R. et al. **Nutrient balance of shifting cultivation by burning or mulching in the eastern Amazon: evidence for subsoil nutrient accumulation.** Nutrient Cycle in Agroecosystem, v.68, n.3, p.257-271, 2004.

VELDKAMP, E. **Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation.** Soil Science Society of America Journal, v.58, p.175-180, 1994.

TOGNON, A.A.; DEMATTÊ, J.A.M.; MAZZA, J.A. **Alterações nas propriedades químicas de Latossolos roxos em sistemas de manejo intensivos e de longa duração.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.21, n.2, p.271-278, 1997.

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