



PPGCS

Programa de Pós-Graduação
em Ciência do Solo

Fracoes da materia organica ...

2012

TS-PP-2012.00008



CPATSA-50642-1

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO DEVIDO AO USO
DE COMPOSTOS ORGÂNICOS EM UM ARGISSOLO AMARELO
NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

JOYCE REIS SILVA

2012

2012
2
PP-2012.00008

MESTRADO

Mossoró - RN

JOYCE REIS SILVA

**FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO DEVIDO AO USO
DE COMPOSTOS ORGÂNICOS EM UM ARGISSOLO AMARELO
NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do título de "Mestre em Ciências do Solo".

Orientador: Prof. Dr. Davi José Silva

Co-orientadores: Prof. Dr. Fábio Henrique Tavares de Oliveira

Dr. Carlos Alberto Tuão Gava

MOSSORÓ – RN

2012

catalogação da Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFERSA

Bibliotecária:
Vanessa
de Oliveira
Pessoa

CRB15/45
3

S586f Silva, Joyce Reis.

Frações da matéria orgânica do solo devido ao uso de compostos orgânicos em um argissolo amarelo no semiárido brasileiro. / Joyce Reis Silva. -- Mossoró, 2012.

63 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Orientador: Dr. Davi José Silva.

Co-orientador: Fábio Henrique Tavares de Oliveira.

Co-orientador: Carlos Alberto Tuão Gava.

1. Manejo orgânico do solo. 2. Ácidos orgânicos. 3. Substâncias húmicas. 4. Carbono orgânico. I. Título.

CDD:631.417

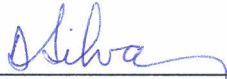
JOYCE REIS SILVA

**FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO DEVIDO AO USO
DE COMPOSTOS ORGÂNICOS EM UM ARGISSOLO AMARELO
NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao programa de
Pós-Graduação em Ciências do Solo da
Universidade Federal Rural do Semi-
Árido, como parte dos requisitos para
obtenção do título de "Mestre em
Ciências do Solo".

Aprovada em: 22 de junho de 2012.

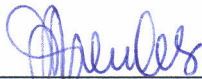
Banca examinadora:



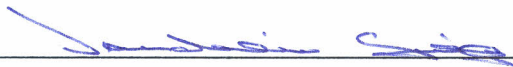
Prof. Dr. Davi José Silva
UFERSA/Embrapa Semiárido
Orientador



Dr. Carlos Alberto Tuão Gava
Embrapa Semiárido
Co-orientador



Profª. Drª. Alessandra Monteiro Salviano Mendes
UFERSA/Embrapa Semiárido



Drª. Vanderlise Giongo
Embrapa Semiárido

MOSSORÓ – RN

2012

À minha mãe Donatila Tereza Reis,
pelo amor, força, carinho, dedicação,
compreensão e confiança. Por acreditar e
contribuir em minhas conquistas.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido a vida, nunca ter me abandonado nos momentos difíceis, dando forças e coragem para superar as dificuldades, iluminando meus caminhos para que eu pudesse alcançar meus objetivos de forma digna e honesta;

À minha mãe, pelo incentivo e ajuda nos momentos difíceis. Pelos ensinamentos de vida, que sempre foram motivos do meu orgulho e respeito;

A minha irmã pelo amor ao longo de minha vida;

Aos meus avós pelo carinho e preocupação que sempre tiveram comigo;

À amiga Thaisi Tavares, que muitas vezes deixou de lado seus estudos para me auxiliar em vários momentos desta pesquisa e da vida pessoal, sou-lhe grata;

À amiga Maria Freitas pela amizade, pelo apoio e ajuda tão valiosa;

Às meninas da casa 10 em Mossoró (Carmem, Dalila, Leds, Taliana, Chris e Gabi) que me acolheram com tanta boa vontade e amizade;

A todos os amigos que convivi nas cidades de Mossoró-RN e Santa Maria-RS, pela recepção tão acolhedora;

Ao Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo, pelo aprendizado e pela oportunidade para a realização do curso;

À CAPES pela concessão da bolsa de pós-graduação;

Ao Dr. Davi José Silva, pela compreensão, atenção prestada e pelas orientações valiosas;

Ao Dr. Carlos Alberto Tuão Gava, por toda atenção prestada, pela ajuda preciosa e por proporcionar a realização deste trabalho;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo da UFRSA, pela grande contribuição na minha formação profissional;

Ao Banco do Nordeste pelo suporte financeiro para a execução do experimento de campo.

À Embrapa Semiárido, pelo apoio e financiamento desta pesquisa;

A todos os funcionários do Laboratório de Solos da Embrapa Semiárido, pelo apoio nas análises;

Aos colegas do Laboratório de Controle Biológico da Embrapa Semiárido, Gal, Carlana, Herbet, Emison, pela ajuda mútua, apoio e acompanhamento para a realização das análises;

A todos os amigos que direta e indiretamente ajudaram na realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

JOYCE REIS SILVA, filha de Donatila Tereza Reis, nasceu na cidade de Petrolina no estado da Pernambuco, em 20 de julho de 1988.

Graduou-se em Tecnologia em Gestão de Fruticultura Irrigada pelo Instituto Federal de Educação Tecnológica do Sertão Pernambucano (IFSERTÃO PE), em Agosto de 2009. Em Março de 2010, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo na Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUÇÃO	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Composto orgânico na agricultura	5
2.2. Matéria orgânica e qualidade solo.....	6
2.3 Compartimentos da matéria orgânica no solo.....	8
2.4. Mecanismos de estabilização da matéria orgânica do solo	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1. Descrição da área	18
3.1.1. Área de cultivo em sistema de manejo orgânico	18
3.1.2. Área de cultivo em sistema de manejo convencional	19
3.1.3. Área de caatinga alterada	20
3.2. Amostragem de solo	20
3.3. Determinações analíticas	21
3.3.1. Carbono Orgânico Total (COT)	21
3.3.2. Fracionamento químico da matéria orgânica	21
3.3.3. Biomassa microbiana	22
3.3.4. Atividade microbiana do solo	22
3.4. Análises estatísticas	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1. Caracterização dos compostos orgânicos	24
4.2. Carbono orgânico total	26
4.3. Carbono orgânico das frações da matéria orgânica	29
4.3.1. Relação entre carbono das frações da matéria orgânica e carbono total do solo	37
4.4. Biomassa e atividade microbiana	41
5. CONCLUSÕES	48
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Composição dos diferentes resíduos utilizados na preparo dos compostos	19
Tabela 2. Caracterização química dos compostos orgânicos utilizados na área de cultivo de mangueira em sistema de manejo orgânico.....	19
Tabela 3. Teores de Carbono e Nitrogênio, relação C/N, teores das frações húmicas e grau de polimerização dos compostos orgânicos utilizados na área de cultivo de mangueira em sistema de manejo orgânico	24
Tabela 4. Teores de carbono das frações humina (FHUM), fração ácidos Húmicos (FAH) e fração ácidos Fúlvicos (FAF) do solo em área experimental com compostos orgânicos e em áreas de referência, nas profundidades 0-5 cm (A), 5-10 cm (B) e 10-20 cm (C) de um ARGISSOLO AMARELO Eutrófico latossólico	32
Tabela 5. Relação entre as frações humina (HUM), fração ácidos Húmicos (AH) e fração ácidos Fúlvicos (AF) e o carbono orgânico total (COT) do solo em área experimental com compostos orgânicos e em áreas de referência, nas profundidades 0-5 cm (A), 5-10 cm (B) e 10-20 cm (C) de um ARGISSOLO AMARELO Eutrófico latossólico	40

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Teores de carbono orgânico (COT) do solo em área experimental com compostos orgânicos e em áreas de referência, nas profundidades 0-5 cm (A), 5-10 cm (B) e 10-20 cm (C) de um ARGISSOLO AMARELO Eutrófico latossólico.....	26
Figura 2. Teores de carbono das frações húmicas (FSH) e frações não húmicas (FSNH) do solo em área experimental com compostos orgânicos e em áreas de referência, nas profundidades 0-5 cm (A), 5-10 cm (B) e 10-20 cm (C) de um ARGISSOLO AMARELO Eutrófico latossólico	31
Figura 3. Relação Ácido húmico /Ácido fúlvico (AH/AF) e relação Humina/estrato alcalino (Hum/EA) do solo em área experimental com compostos orgânicos e em áreas de referência, nas profundidades 0-5 cm (A), 5-10 cm (B) e 10-20 cm (C) de um ARGISSOLO AMARELO Eutrófico latossólico	35
Figura 4. Relação entre as frações húmicas (FSH) e frações não húmicas (FSNH) e o carbono orgânico total do solo em área experimental com compostos orgânicos e em áreas de referência, nas profundidades 0-5 cm (A), 5-10 cm (B) e 10-20 cm (C) de um ARGISSOLO AMARELO Eutrófico latossólico	38
Figura 5. Valores de biomassa e quociente microbiano do solo em área experimental com compostos orgânicos e em áreas de referência, nas profundidades 0-5 cm (A), 5-10 cm (B) e 10-20 cm (C) de um ARGISSOLO AMARELO Eutrófico latossólico	42
Figura 6. Valores de respiração basal (RB) e quociente metabólico (qCO_2) do solo em área experimental com compostos orgânicos e em áreas de referência, nas profundidades 0-5 cm (A), 5-10 cm (B) e 10-20 cm (C) de um ARGISSOLO AMARELO Eutrófico latossólico	45

RESUMO

O conteúdo de matéria orgânica dos solos das regiões tropicais, geralmente, é baixo e no Semiárido as condições edafoclimáticas restringem ainda mais o seu acúmulo. Além disto, com a retirada da vegetação nativa para implantação de áreas agrícolas há uma significativa redução dos seus teores. O reaproveitamento de diferentes resíduos orgânicos, agrícolas ou urbanos, pela compostagem tem se apresentado como uma alternativa de adição de matéria orgânica ao solo, contribuindo, ainda, para a preservação do ambiente. Este trabalho teve o objetivo de comparar, em médio prazo, o efeito de diferentes compostos no comportamento da matéria orgânica do solo, biomassa e atividade microbiana do solo em um Argissolo Amarelo Eutrófico latossólico textura média/argilosa no Semiárido brasileiro. Foram selecionadas três áreas com os seguintes sistemas de uso: cultivo de mangueira em sistema de manejo orgânico, em sistema de manejo convencional e área de Caatinga alterada. Na área manejada em sistema orgânico foi realizado um experimento em blocos ao acaso com quatro repetições, utilizando cinco diferentes compostos e um tratamento testemunha (sem a adição de composto). A área cultivada em sistema de manejo convencional e a área de caatinga alterada foram utilizadas como áreas de referência. Os compostos orgânicos proporcionaram aumento nos teores de carbono, principalmente na camada superficial do solo. A fração húmica teve maior participação no conteúdo de carbono orgânico total do solo. A biomassa e atividade dos microorganismos foram maiores nos tratamentos com compostos orgânicos e na área de Caatinga alterada. Estes resultados ratificam a importância da adubação orgânica como uma estratégia de manejo para a manutenção da qualidade do solo.

Palavras-chave: Manejo orgânico do solo, ácidos orgânicos, substâncias húmicas, carbono orgânico.

ABSTRACT

The organic matter content of tropical soils is usually low and semi-arid climatic conditions restrict its further accumulation. Moreover, with the removal of native vegetation for the farming of agricultural areas conduct a significant reduction of soil organic matter content. The reuse of different agricultural or urban organic waste by composting has been used as an alternative to adding organic matter to the soil, contributing also to the preservation of the environment. This study aimed to compare, in the medium term, the effect of different composts on the behavior of total organic carbon, microbial biomass and activity of the soil in an Ultisol in Brazilian Semiarid zone. Three areas were selected with different use systems: mango trees cultivation in organic management system, in conventional management system and Caatinga disturbed. In the organic management system an experiment was carried out with five different compounds and a control (without addition of compost) on completely randomized blocks design with four replicates. The conventional management system and Caatinga disturbed constituted the reference areas. The organic composts provided increased levels of carbon, especially on the soil surface layer. The humin fraction was the major component in the soil total organic carbon content. Microorganisms' biomass and activity were higher on treatments with organic composts and Caatinga disturbed area. These results confirms the importance of organic fertilizer utilization as a management strategy to maintain soil quality.

Key-words: Soil organic management, organic acids, humic substances, organic carbon.

1. INTRODUÇÃO

A manutenção da qualidade do solo tem sido uma preocupação da sociedade desde que os avanços tecnológicos, compatibilizados com o ideal capitalista e imediatista, promoveram uma maior exploração e consequentemente, a degradação deste recurso natural. Muitas regiões do Brasil vêm sofrendo com os impactos ambientais, provenientes do mau uso do solo. Temos como exemplo regiões que se destacam no cenário do agronegócio pela produção de frutas, que lideram as exportações nacionais. Entretanto, o problema de degradação no ambiente edáfico em muitas dessas regiões vem merecendo preocupação quanto ao futuro da produção de frutas, devido às práticas intensivas de manejo convencional (uso intensivo da irrigação, de insumos agrícolas e revolvimento do solo). Advém desse sistema de manejo, o aumento da salinidade, perdas de solos por erosão, perda de espécies arbóreas e arbustivas, instalação de pragas e doenças que dizimam pomares, além da redução da diversidade de organismos.

O cultivo da mangueira nas condições irrigadas do Submédio São Francisco exemplifica esta situação. A região dos estados de Pernambuco e Bahia é responsável por 93 % da produção e 84 % das exportações brasileiras de manga (Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2010). A produção nessa região apresenta características peculiares. As condições climáticas favoráveis e as tecnologias desenvolvidas, como manejo da irrigação, indução floral, e nutrição mineral, são fundamentais para o bom desempenho do cultivo das frutas. O uso intensivo dessas tecnologias coloca o ambiente em risco de contaminação e degradação, podendo ainda haver um desgaste excessivo dos recursos naturais como o solo.

Produtores atentos a estes problemas vêem no cultivo orgânico uma alternativa para a sustentabilidade das atividades nesta região; no entanto, esta prática consiste em um desafio, principalmente em solos com baixo teor de matéria orgânica, e toda aquela que é adicionada é rapidamente mineralizada, devido à frequência de irrigação, combinada com as elevadas taxas de evapotranspiração e altas temperaturas.

A compostagem tem sido uma estratégia muito utilizada para o aproveitamento de resíduos urbanos e agrícolas e tem se tornado uma forma de promover a adição de matéria orgânica ao solo. Quando incorporado ao solo

adequadamente, o composto orgânico proporciona retornos econômicos e melhoria na qualidade do solo (Tedesco et al., 1999).

Diante deste cenário, são necessários trabalhos de pesquisa para avaliar os diferentes estágios de conservação e, ou degradação do solo em diferentes sistemas de manejo (manejo orgânico, manejo convencional e área de vegetação natural) visando o monitoramento e a manutenção da qualidade do solo. De acordo com Mielniczuk (2008) para monitorar a qualidade do solo é necessário definir atributos do solo que sejam sensíveis ao manejo e de fácil mensuração. Dentre estes destaca-se a matéria orgânica do solo (MOS). A MOS está associada intrinsecamente aos diversos processos ecológicos do solo, mantendo relação direta e indireta com a maioria dos atributos do solo relacionados à sua qualidade. Além de satisfazer o requisito básico de ser sensível a modificações do manejo do solo, é ainda fonte primária de nutrientes para as plantas, influenciando a infiltração, retenção de água e susceptibilidade à erosão (Gregorich et al., 1994). A MOS representa um expressivo reservatório de nutrientes nos solos, tendo um papel fundamental na decomposição dos resíduos orgânicos, na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia no solo, constituindo-se um importante atributo para o estudo desses parâmetros em diferentes ecossistemas (Li et al., 2002). Outros atributos relacionados com a MOS e que podem contribuir para o diagnóstico da qualidade do solo são a biomassa e atividade microbiana do solo.

O comportamento do carbono em solos do Semiárido brasileiro ainda é pouco conhecido, principalmente nas áreas com cultivo irrigado e solos que recebem adubação orgânica. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi comparar, em médio prazo, o efeito de diferentes compostos na alteração na frações da matéria orgânica do solo em um Argissolo Amarelo Eutrófico no Semiárido nordestino.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Composto orgânico na agricultura

A necessidade de preservação do meio ambiente tem estimulado a reciclagem dos mais variados tipos de materiais. No setor agrícola, o aproveitamento dos resíduos orgânicos vem se tornando cada vez mais comum, uma vez que contribui para a preservação do ar, da água e do solo, além de, quando incorporados ao solo adequadamente, proporcionar melhoria na qualidade do mesmo (Tedesco et al., 1999).

A compostagem pode ser definida como um processo aeróbico e controlado de tratamento com estabilização dos componentes químicos, diminuição da carga orgânica e oxi-redução dos elementos químicos para formas mineralizadas (Alves, 2005). Este produto final, o composto, é um adubo preparado com restos vegetais e/ou animais, domiciliares ou industriais, separadamente ou combinados, sendo considerado como um material condicionador dos solos, melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do mesmo (Kiehl, 1998).

A compostagem tem sido uma estratégia muito utilizada no aproveitamento desses resíduos urbanos e agrícolas para a produção de composto orgânico e tem se tornado uma forma de promover a adição de matéria orgânica ao solo. Em um estudo com a cultura do milho, Silva et al. (1998) e Bastos (1999) concluíram que a adubação com composto orgânico, após 12 e 13 anos da primeira aplicação, consegue não só manter a produtividade como também elevá-la a altos patamares. A presença de composto orgânico promoveu melhorias na fertilidade do solo, além de proporcionar condições físicas adequadas ao desenvolvimento da cultura do milho. De acordo com Souza & Prezotti (1997) e Bayer & Mielniczuk (1999), o composto orgânico quando utilizado de forma exclusiva ou associada a adubos minerais possui propriedades altamente benéficas aos solos, tais como retenção de umidade, fornecimento de nutrientes, ativação da microbiota, melhoria da textura e estrutura dos solos.

Maia (1999) avaliando a produtividade de milho após 14 anos de aplicação contínua, tanto de adubação orgânica quanto mineral, verificou que houve

respostas diferenciadas frente às adubações. A tendência da produtividade do milho com o uso de $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de composto orgânico foi sempre ascendente, atingindo patamar em torno de 8.000 kg.ha^{-1} . Outros trabalhos têm relatado a importância da adubação orgânica e sua capacidade em substituir completamente a adubação mineral na produção de grãos de milho (Galvão, 1988; Bastos, 1999). Isso se deve a melhoria da fertilidade do solo que proporciona maior disponibilidade de nutrientes para as plantas, permitindo maior importação dos mesmos e resultando em maior peso de grãos.

Sendo assim, o uso de resíduos orgânicos, por conterem altos teores de matéria orgânica, contribui para aumentar o estoque de carbono no solo, aumento da CTC, maior complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, melhoria da estrutura, maior infiltração e retenção de água, aumento da aeração e da atividade e diversidade biológica do solo (Simonete, 2001; Ceretta et al., 2003; Rocha et al., 2004). Dessa forma, o composto orgânico constitui um dos componentes fundamentais para o aumento da capacidade produtiva do solo.

Por se tratar de fontes importantes de matéria orgânica, há a necessidade de conhecer o impacto do acúmulo de carbono nas diferentes frações orgânicas do solo, uma vez que a utilização de diferentes resíduos pode originar compostos com características distintas, quanto ao teor de matéria orgânica e grau de estabilidade e de maturidade, sendo estas dependentes da quantidade e da qualidade de substâncias húmicas presentes (Antunes, 2005).

2.2. Matéria orgânica e qualidade solo

A degradação do solo pode ser definida como um processo constante de deteriorização das características físicas, químicas e biológicas deste sistema (Tahir, 2009). Nas últimas décadas a degradação do solo tem despertado constante preocupação e levado estudiosos a definir atributos de qualidade do solo para orientar os agricultores a adotar práticas de manejo que contribuam para uma maior funcionalidade do sistema solo (Mielniczuk et. at., 2008).

Qualidade do solo é um conceito amplo que engloba o equilíbrio entre os condicionantes químicos, físicos e biológicos do solo. Doran & Parkin (1994) consideraram a qualidade do solo como a capacidade do solo em funcionar

dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, a fim de sustentar a produtividade biológica, manter ou aumentar a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e dos animais.

A matéria orgânica do solo (MOS) pode ser definida como a fração que compreende todos os organismos vivos e seus resíduos, que se encontram no solo nos mais variados graus de decomposição (Silva & Mendonça, 2007). O aporte desta no solo e o produto de suas transformações conserva e melhora a qualidade do solo (Moreira & Siqueira 2006).

O estudo da matéria orgânica é um tema estratégico para que se alcance a sustentabilidade da agricultura no ecossistema, apesar de compor menos de 5% da base seca da maioria dos solos, a MOS apresenta uma alta capacidade de interagir com outros componentes, alterando assim propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, pois a natureza do carbono (particulado, livre, protegido em complexos organo-minerais) exerce papel significativo nestas propriedades (Silva et al., 2006, Cunha et al., 2007).

O consenso de que a matéria orgânica e/ou carbono orgânico total é capaz de identificar as alterações na qualidade do solo, advém de dois fatos: (1) a matéria orgânica no solo é muito sensível às práticas de manejo; e (2) a maioria dos atributos relacionados às funções básicas do solo tem estreita relação com a matéria orgânica (Mielniczuk et. al., 2008). Assim, a MOS apresenta potencial para ser utilizada como atributo-chave da qualidade do solo (Doran & Parkin, 1994; Mielniczuk, 1999), pois, além de satisfazer o requisito básico de ser sensível a modificações pelo manejo do solo, é ainda fonte primária de nutrientes para as plantas, influenciando a infiltração, retenção de água e susceptibilidade à erosão (Gregorich et al., 1994). Ela também atua sobre outros atributos, tais como: ciclagem de nutrientes, complexação de elementos tóxicos e estruturação do solo. (Bayer & Mielniczuk, 1999).

Solos tropicais, intensamente intemperizados, apresentam como uma das suas principais características químicas a baixa CTC. Nesses solos, o teor de MOS tem importância preponderante na CTC efetiva (Bayer & Mielniczuk, 1999).

Além de exercer papel importante nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, de grande importância agronômica, a MOS faz parte do equilíbrio do ciclo de carbono na terra. Recentemente a MOS tem despertado o interesse dos pesquisadores, pelo fato de o solo representar um reservatório

potencial para o armazenamento de carbono, mitigando o efeito estufa. (Lal, 2002). As frações lábeis ou estáveis da MOS, desempenham papel importante na atenuação da concentração de dióxido de carbono na atmosfera, pois nelas a quantidade de carbono ultrapassa em duas vezes a quantidade de carbono presente na atmosfera na forma de CO₂ e em três vezes a quantidade de carbono presente na biota da superfície terrestre (Lal et al., 1999, Bayer et al., 2004).

O conteúdo de matéria orgânica do solo é determinado pela diferença entre as quantidades de carbono adicionadas e perdidas, que estão diretamente relacionadas com a temperatura, umidade, textura e mineralogia dos solos e práticas de manejo, sendo que esta última atualmente tem representado significativa importância na relação qualidade do solo e matéria orgânica. De acordo com Sollins et al. (1996) e Dieckow et al. (2005) sistemas de manejo com preparo intensivo e constante revolvimento aceleram os processos de degradação da MOS, principalmente das frações mais lábeis, à exemplo dos carboidratos.

De acordo com Spagnollo (2004), o sucesso de esforços e práticas conservacionistas em manter a qualidade do solo depende do entendimento de como o solo irá responder a determinado uso ou prática em um certo tempo. Sistemas de cultivo com intensa mobilização do solo, desflorestamento, queima de campos naturais, destacam-se por proporcionarem diminuição na quantidade de MOS e, conseqüentemente, redução na qualidade do solo.

2.3. Compartimentos da matéria orgânica no solo

A matéria orgânica do solo é um sistema complexo que reúne componentes vivos e não-vivos. De acordo com Silva & Mendonça (2007) a matéria orgânica viva compreende, as células de organismos que se encontram temporariamente imobilizados, mas que possuem potencial de mineralização. Esta raramente ultrapassa 4% do COT do solo, e é representada por microrganismos, fauna e raízes de plantas, mas possui grande importância devido a sua funcionalidade nos processos de transformação dos compostos orgânicos no solo e formação das substâncias húmicas. A parte não-viva representa cerca de 98% do COT do solo, compreendendo a macrorgânica, resíduos vegetais e

animais em decomposição, e o húmus, substâncias húmicas e não-húmicas (Moreira e Siqueira, 2006).

A macrorrgânica ou matéria orgânica particulada ou leve é a fração não-vivente, representa cerca de 3 a 20% do COT do solo, constituindo a fração lábil da MOS. A dinâmica de transformação e de magnitude desta fração é afetada pelos diversos sistemas de manejo, condições edafoclimáticas e tipo de vegetação (Silva & Mendonça, 2007).

Por meio do fracionamento físico, o estudo de carbono orgânico na fração particulada tem auxiliado na compreensão da dinâmica do carbono e na sua labilidade e no detalhamento das alterações promovidas pelas diversas práticas de manejo na qualidade da MOS. Em condições de manejo que favoreça uma maior taxa de retorno de resíduos vegetais, o carbono da fração lábil da MOS, atua como fonte primária de energia para a biossíntese microbiana, nos processos de agregação das partículas e como fonte de nutrientes. Leite et al (2003) avaliando estoques de carbono em compartimentos da MOS de um Argissolo sob os sistemas de floresta, adubação orgânica e mineral, verificaram que o maior conteúdo de carbono na fração particulada da matéria orgânica foi encontrado no sistema de adubação orgânica; este aumento foi atribuído ao maior aporte de material orgânico ao solo neste sistema.

Bayer et. al. (2004), estudando o efeito de plantio direto no armazenamento de carbono em frações lábeis da MOS, encontraram maiores estoques de carbono na matéria orgânica particulada, quando comparado ao sistema convencional. Antunes (2007) observou que os estoques de carbono e de nitrogênio total na fração leve da MOS foram mantidos em um sistema comercial de eucaliptos a valores iguais aos de mata nativa, devido ao constante retorno de resíduos vegetais e o não revolvimento do solo.

O compartimento referente à fração mais estável da MOS é representado pelas substâncias húmicas e não-húmicas. Estas substâncias são resultantes das transformações químicas e biológicas dos resíduos vegetais e da atividade sintética da microflora do solo, representando a maior percentagem do COT do solo e de maior estabilidade. Possuem elevado grau de polimerização, alta reatividade de superfície e elevado peso molecular, atuando como reservatório de nutrientes e na estabilização química de microagregados (Silva & Mendonça, 2007).

As substâncias não-húmicas incluem carboidratos, lipídeos, aminoácidos, proteínas, ligninas, ácidos nucleicos e ácidos orgânicos e podem contribuir com cerca de 10 a 15% do COT. As húmicas são constituídas por uma série de compostos de coloração escura, de elevado peso molecular, que constituem cerca de 70 a 80% da MOS e são divididas em frações de ácidos fúlvicos (FAF), em frações de ácidos húmicos (FAH) e huminas (FH) com base nas suas características de solubilidade em ácido ou álcali (Moreira & Siqueira, 2006). Dentre as substâncias húmicas as mais estudadas são a FAF e FAH, e pode-se constatar nestas uma relação C/N superior em 50% à observada na MOS, indicando um menor grau de degradabilidade. Nas FH e FAH encontram-se um maior conteúdo de C em relação ao de O, e conseqüentemente uma maior massa, quando comparado ao FAF. A FAH apresenta maior grau de humificação do que a FAF devido ao maior grau de polimerização (Guerra et al., 2008).

A FAF contém uma maior quantidade de grupos carboxílicos (-COOH) por unidade de massa em relação A FAH e com os grupos fenólicos constituem a acidez total das substâncias húmicas, e, portanto, quando dissociados apresentam maior capacidade de troca de cátions ($1220 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), contra apenas 670 e 200 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ dos ácidos húmicos e das argilas silicatadas 2:1, respectivamente (Canelas et al. 2008).

Os diferentes compartimentos da MOS são fundamentais para o entendimento da sua estabilidade. De acordo com Sollins et al. (1996) a estabilidade do carbono orgânico é resultante de três características gerais, compreendendo: (1) características moleculares das substâncias, incluindo composição elementar, presença de grupos funcionais e conformação molecular que influenciam na degradação por microrganismos e enzimas; (2) inter-relações moleculares entre substâncias orgânicas e inorgânicas, ou entre outras substâncias orgânicas que podem alterar a taxa de degradação dessas substâncias ou formação de novas substâncias; e (3) acessibilidade das substâncias em relação a microrganismos e enzimas.

A biomassa microbiana do solo (BMS) compreende todos os organismos do solo com um volume inferior a $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$, com exceção dos tecidos vivos da planta, e pode assim ser considerada como a parte viva da matéria orgânica do solo (Brookes, 2001). A atividade dos microrganismos que compõem a biomassa microbiana do solo, incluindo bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários e

algas, resulta na decomposição da matéria orgânica e na ciclagem geoquímica dos nutrientes, mediando a sua disponibilidade no solo (Santos, 2003) e é sensível às mudanças que ocorrem no solo sendo, portanto, uma boa indicadora de qualidade do solo (Jackson et al., 2003). Representa, ainda, uma reserva considerável de nutrientes, os quais são continuamente assimilados durante os ciclos de crescimento dos diferentes organismos que compõem o ecossistema (Araújo & Monteiro, 2007). O nitrogênio, por exemplo, é o nutriente exigido em maiores quantidades pelas plantas. Este elemento, porém, encontra-se quase totalmente complexado na forma orgânica (98%), dependendo da BMS, para a sua transformação e, consequente, absorção pelas plantas.

Considerada uma das propriedades bioquímicas mais utilizadas como indicadores de qualidade do solo (Gil-Sotres et al., 2005), os critérios para se avaliar o sucesso na restauração de áreas degradadas são baseados em parâmetros que são visualmente distinguíveis, como o controle da erosão do solo e cobertura e diversidade vegetal. Considerando o papel da biota microbiana do solo na sua formação, no estabelecimento da vegetação e na transformação da matéria orgânica do solo, uma avaliação da comunidade microbiana do solo pode ser um indicador do progresso da restauração (Mummey et al., 2002), uma vez que o sucesso de projetos de revegetação depende fortemente da regeneração da diversidade microbiana (Degroot et al., 2005).

Outra forma de quantificar a atividade microbiana é a mensuração da respiração, que representa a oxidação da MOS por organismos aeróbicos e pode ser avaliada pela estimativa de CO_2 produzido (Moreira & Siqueira, 2006). A respiração do solo é definida como a soma total de todas as funções metabólicas nas quais o CO_2 é produzido e possui estreita relação com as condições abióticas do solo, entre elas umidade, temperatura e aeração. As bactérias e os fungos são os principais responsáveis pela liberação de CO_2 via degradação da matéria orgânica (Silva et al., 2007a).

A respiração ocupa uma posição chave no ciclo do carbono nos ecossistemas terrestres. A avaliação da respiração do solo é a técnica mais frequente para quantificar a atividade microbiana, sendo positivamente relacionada com o conteúdo de matéria orgânica e com a biomassa microbiana (Alef, 1995). A disponibilidade de carbono no solo também tem sido descrita como fonte contribuidora para o aumento da respiração (Cattelan & Vidor, 1990). A

medida da respiração do solo é bastante variável e dependente, principalmente, da disponibilidade do substrato, umidade e temperatura (Brokes, 1995). Sua medição é considerada uma estimativa indireta da velocidade de decomposição da matéria orgânica ou de qualquer outro material adicionado ao solo (Severino et al., 2004).

A respiração microbiana diminui com a profundidade do solo e correlaciona-se significativamente com o conteúdo de matéria orgânica e os outros indicadores biológicos. Existe variação na respiração microbiana nos diferentes sistemas de manejo do solo, sendo, este indicador altamente sensível aos efeitos de pesticidas e metais pesados (Araújo & Monteiro, 2006). A respiração basal está relacionada diretamente com carbono do solo ou da biomassa microbiana (Santos, 2003).

A combinação das medidas da biomassa microbiana e respiração do solo fornecem a quantidade de CO_2 evoluída por unidade de biomassa, denominada quociente metabólico ou respiratório ($q\text{CO}_2$). Este quociente indica a eficiência da biomassa microbiana em utilizar o carbono disponível para biossíntese, sendo um indicador sensível para estimar a atividade biológica e a qualidade do substrato (Saviozzi et al., 2002).

2.4. Mecanismos de estabilização da matéria orgânica no solo

Vários fatores bióticos e abióticos exercem controle sobre o tempo de permanência do carbono no solo. A textura e a estrutura do solo afetam o microambiente de decomposição, a proteção dos organismos decompositores da fauna do solo e a estabilização dos substratos e dos produtos de decomposição (Christensen, 1996; Feller & Beare, 1997). A maioria destes mecanismos de estabilização não é bem estudada e suas importâncias relativas não podem ser quantificadas no solo. Como resultado, os modelos dividem a matéria orgânica em muitos compartimentos, com diferentes tempos de permanência no solo, definindo a sua dinâmica em função dos fluxos entre estes compartimentos (Parton et al., 1987), sem levar em conta os mecanismos de estabilização. Estabilização pode ser definida como o decréscimo do potencial de perda da

matéria orgânica por respiração microbiana, erosão ou lixiviação (Sollins et al., 1996).

A estabilidade da MOS pode ser determinada pela recalcitrância química dos compostos orgânicos, pela interação com superfícies minerais e por sua acessibilidade aos microorganismos. Entretanto, esta separação é puramente didática, pois os mecanismos de estabilização atuam simultaneamente e afetam os substratos e os seus produtos em todos os estágios de decomposição (Schnitzer, 1986; Cornejo & Hermosín, 1996; Christensen, 1996).

A recalcitrância compreende características ao nível molecular dos compostos orgânicos, incluindo a composição elementar, os grupos funcionais e a conformação molecular, que influenciam sua degradação por microorganismos e por enzimas. Os microorganismos degradam seletivamente compostos menos recalcitrantes, aumentando a recalcitrância média do resíduo remanescente. Entretanto, existem muitas controvérsias sobre a importância quantitativa deste mecanismo para a estabilização da matéria orgânica. Para Duxbury et al. (1989), a estrutura química das moléculas orgânicas é insuficiente para explicar a ampla variação na idade e no tempo de permanência da MOS. A conclusão é baseada em estudos cujas substâncias húmicas com centenas de anos apresentam uma meia vida de semanas quando extraídas e adicionadas a um substrato inerte ou ao solo (Martin & Haider, 1986).

Ligninas e melaninas são duas das principais moléculas precursoras da matéria orgânica e que apresentam maior potencial para preservação no ambiente devido sua composição (Martin & Haider, 1986; Stevenson, 1994; Hammel, 1997). Entretanto, existem evidências diretas de transformação no solo e de que é difícil aceitar que estes compostos sejam seletivamente preservados (Guggenberger et al., 1995; Amelung et al., 1997). Wershaw et al. (1996) mostraram evidências da oxidação da lignina em frações isoladas de um lixiviado de folhas vegetais. Preston et al. (1994), usando RMN CCP/MAS, verificaram que o sinal de fenol reduziu nas frações de tamanho silte e foi fracamente detectado na fração argila, quando comparado à fração areia, indicando que houve decomposição da lignina presente na fração areia em direção às frações mais finas.

A interação (estabilização química/coloidal), para Sollins et al. (1996), refere-se às associações inter-moleculares entre substâncias orgânicas e

inorgânicas ou outras substâncias orgânicas, as quais alteram a taxa de degradação das moléculas orgânicas ou a síntese de novas moléculas. A matriz mineral do solo tem grande influência sobre a quantidade e a qualidade da MOS existente. A adsorção da matéria orgânica às superfícies minerais protege - a da decomposição microbiana, e a consequência deste processo pode ser a formação de microagregados, os quais protegem parte da matéria orgânica em poros inacessíveis aos microorganismos (Edwards & Bremner, 1967; Ladd et al., 1993). Este é um efeito indireto da interação organo-mineral. No entanto, o aumento da microagregação pode resultar na redução da superfície total para interação, caso as superfícies de argila localizadas no interior dos microagregados não estejam totalmente recobertas por compostos orgânicos.

Como as reações são de superfície, a área superficial disponível para interação é um fator importante. Considerando-se as frações granulométricas do solo (areia, silte e argila), a fração argila possui área superficial 50 a 100 vezes maior do que a soma equivalente em massa de areia e silte (Stotzky, 1986). Por isso, os argilominerais e os óxidos são os principais minerais responsáveis pela interação com a MOS (Sollins et al., 1996).

As superfícies minerais podem ser divididas em dois grandes grupos, dependendo da origem da carga. As que possuem superfície de carga variável são representadas principalmente pelos óxidos de ferro e alumínio e pela caulinita. Os principais grupos funcionais envolvidos são os grupos hidroxil (OH), expostos nas superfícies dos óxidos, coordenados com átomos de Fe ou de Al, e os grupos aluminol da caulinita (Al-OH). Nestes grupos funcionais, a carga líquida de superfície é variável com o pH do solo, a qual torna-se mais negativa à medida que o pH aumenta. Os minerais de carga permanente apresentam carga líquida negativa em função do grau de substituição isomórfica nas lâminas octaedral e tetraedral dos minerais. Os grupos funcionais das moléculas orgânicas são principalmente OH fenólico e o grupamento carboxílico (Cornejo & Hermosín, 1996). Estes grupos apresentam reatividade variável em função do pH do meio e fazem da matéria orgânica um componente de carga variável. Os mecanismos de ligação entre a MOS e as superfícies minerais dependem dos grupos funcionais envolvidos, do tipo de carga, da presença de cátions metálicos e do ambiente físico-químico do meio.

De forma geral, os mecanismos de ligação diferem dependendo da natureza do sorbato e do sorvente. Um dos principais fatores que afetam as reações de sorção é a composição da solução do solo. Por exemplo, o pH afeta a carga de superfície dos minerais de carga variável e a dissociação dos grupos funcionais da MOS, podendo determinar o mecanismo de interação. A adição de cátions aumenta a sorção de compostos orgânicos sobre os argilominerais. Para Hassink & Whitmore (1997), o efeito de proteção da fração mineral à matéria orgânica também está relacionado à presença de compostos orgânicos previamente adsorvidos sobre a superfície mineral. Portanto, a taxa líquida de acúmulo de MOS depende não somente da capacidade protetora dos minerais, mas principalmente da extensão com que esta capacidade já está ocupada pela matéria orgânica.

Grande parte da MOS encontra-se associada com a fração mineral por meio dos complexos argila-MOS. Para Edwards & Bremner (1967), íons polivalentes (Ca, Fe ou Al) podem ligar as partículas de argila à MOS, formando um complexo argila-cátion-MOS. Os solos utilizados para desenvolver o modelo de formação de microagregados são formados por minerais de argila de atividade alta (argilominerais tipo 2:1) e com pH em torno de 7. Para estes minerais, o principal mecanismo de ligação com a MOS é por pontes de cátions polivalentes, onde o Ca^{2+} é considerado o principal cátion responsável pela estabilidade de micro e macroagregados no solo (Muneer & Oades, 1989).

A interação constitui uma barreira ao ataque microbiano à MOS presente nas frações silte e argila. Resultados obtidos indicaram que 40-45% do carbono da fração humina são polissacarídeos preservados no solo pela sua interação com a fração mineral (Nierop, 1999). Isto pode determinar maior tempo de permanência de frações mais lábeis da MOS, o que contribui para o sequestro de carbono orgânico atmosférico e redução do efeito estufa (Scholes & Breemen, 1997). Resultados obtidos por Bayer (1996), em três solos com predomínio de caulinita e de óxidos de Fe, indicaram que a interação da MOS com estes minerais foi o principal fator determinante da maior estabilidade da MOS nas frações granulométricas mais finas, sendo que o coeficiente de decomposição da MOS diminuiu exponencialmente com o aumento do teor de óxidos de Fe e de caulinita. No entanto, o efeito da textura e da proteção física da MOS em microagregados não podem ser descartados.

Para Duxbury et al. (1989), os efeitos da interação organo-mineral e da recalcitrância química sobre a estabilidade da MOS poderiam ser agrupados na proteção coloidal ou química. Por outro lado, a MOS intra-agregados, localizada em pequenos poros, inacessíveis aos microorganismos, poderia ser considerada de proteção física ou estrutural. Assim, enquanto a mineralogia e a textura controlariam a MOS de proteção coloidal, portanto, não afetada pelo manejo, o revolvimento do solo, com perda de estabilidade de agregados, poderia controlar a magnitude da MOS protegida fisicamente.

A inacessibilidade refere-se à localização da MOS no solo e a sua influência sobre o acesso aos microorganismos e suas enzimas. No solo, os substratos microbianos são pouco solúveis e a sua utilização depende da difusão das exoenzimas ou da movimentação dos microorganismos no solo. A proteção física da MOS no interior de agregados é um fator importante que controla a decomposição da MOS no solo. A alocação de MOS dentro de agregados diminui a sua acessibilidade aos microorganismos e à fauna (Ladd et al., 1993), pois grande parte do espaço poroso do solo possui diâmetros tão pequenos que impedem a movimentação dos organismos decompositores. Cálculos mostraram que num solo com 10 bactérias somente 0,1% do volume de poros poderia ser ocupado, o que representaria 0,01% de cobertura da superfície total. Além disso, a maioria das superfícies minerais são de argila que se encontram em poros menores que 1 μ m de diâmetro (Adu & Oades, 1978), e os microorganismos do solo são excluídos por poros menores que 0,48 μ m de diâmetro (Juma, 1993). O aumento da mineralização da MOS após a quebra de agregados tem sido atribuído à exposição de MOS anteriormente inacessível aos microorganismos (Beare et al., 1994).

A proteção física da MOS está diretamente relacionada à formação e à estabilidade dos agregados no solo. Ela pode ser protegida do ataque microbiano pela sua incorporação no interior de microagregados (Edwards & Bremner, 1967), em microporos inacessíveis (Adu & Oades, 1978; Ladd et al., 1993) ou dentro de macroagregados estáveis (Elliott, 1986).

A proteção física da MOS pode ser usada para interpretar os acúmulos ou perdas de MOS em solos com uma matriz arenosa ou argilosa. Num solo arenoso, o arranjo das partículas primárias resulta em uma distribuição de poros de maior tamanho, o que facilita o acesso microbiano à MOS. Os agentes ligantes

orgânicos são oxidados mais facilmente, e a estabilidade dos agregados é extremamente dependente da contínua adição de resíduos vegetais e da atividade da fauna. O revolvimento do solo resulta em rápido declínio da MOS e da estabilidade de agregados. Nestes solos, atingir altos níveis de MOS é mais difícil, devido à maior acessibilidade dos decompositores à MOS.

Comparando dois solos do RS, um LATOSSOLO VERMELHO com 680 g kg⁻¹ de argila e um ARGISSOLO VERMELHO com 220 g kg de argila, Bayer (1996) mostrou que o revolvimento contínuo do solo tem efeitos diferentes sobre a taxa de decomposição da MOS. Enquanto que no solo argiloso as taxas de decomposição sob preparo convencional (PC) e plantio direto (PD) foram 1,4% e 1,2%, respectivamente, no solo franco, a diferença foi mais acentuada (5,4% no PC e 2,9% no PD). Provavelmente, a maior estabilidade da MOS, sob solo argiloso, esteja relacionada à maior proteção coloidal (interação com a fração mineral) e física da MOS, comparativamente ao solo franco. Estes resultados confirmam que a estabilização do C no solo está relacionada à textura, à mineralogia e à distribuição do tamanho e da estabilidade de agregados. Pesquisas adicionais são necessárias para identificar a contribuição de cada uma destas variáveis para a preservação do carbono no solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da área

A área de estudo está localizada no Campo Experimental de Bebedouro pertencente a Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE, cujas coordenadas geográficas são 9° 9' de latitude Sul e 40° 29' de longitude Oeste e altitude de 365,5 m.

O solo de toda a área de estudo é classificado como ARGISSOLO AMARELO latossólico textura média/arenosa (Embrapa, 2006). O clima da região se enquadra como BSw_h, segundo a classificação de Köppen, com temperatura e precipitação médias anuais em torno de 27°C e 540 mm, respectivamente.

Foram selecionadas três áreas com os seguintes sistemas de uso: cultivo de mangueira em sistema de manejo orgânico, em sistema de manejo convencional e área de caatinga alterada. A área cultivada em sistema de manejo convencional e a área de caatinga alterada foram usadas como áreas de referência.

3.1.1. Área de cultivo em sistema de manejo orgânico

A área manejada sob sistema orgânico foi implantada no ano de 2005. Foram utilizadas mudas enxertadas de mangueira (*Mangifera indica* L.), cultivar Tommy Atkins, com 9 meses de idade, transplantadas para covas de 50 x 50 cm, espaçadas em 6 m entrelinhas e 5 m entre plantas. Os tratamentos consistiram de 5 compostos orgânicos diferentes, aplicados como adubo de fundação, na dose de 40 dm³ por cova e misturados ao solo da cova de plantio, mais uma testemunha (ausência de adubação de fundação). Estes tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso com quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. A unidade experimental foi formada por quatro plantas. As adubações complementares foram realizadas posteriormente, com a aplicação de 40 dm³ por planta dos tratamentos com compostos orgânicos, em 2008 e 2009. A área foi irrigada por microaspersão e as plantas daninhas foram controladas com capinas manuais. Os compostos orgânicos utilizados foram formulados à base de

diferentes resíduos agrícolas e agroindustriais disponíveis na fazenda experimental (Tabela 1).

Tabela 1. Proporção dos diferentes resíduos utilizados na preparo dos compostos

Tratamento	Composição
Composto 1	60% bagaço de cana + 40% esterco de caprino + 10% torta de mamona
Composto 2	67% bagaço de cana + 33% esterco de caprino
Composto 3	60% bagaço de coco + 40% esterco de caprino + 10% torta de mamona
Composto 4	67% bagaço de coco + 33% esterco de caprino
Composto 5	60% casca de urucu + 30% de capim elefante + 10% esterco caprino
Testemunha	Sem adição de composto

Foi realizada a caracterização química dos compostos, obtendo os teores de macro e micronutrientes (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização química dos compostos orgânicos utilizados na área de cultivo em sistema de manejo orgânico.

Tratamento	C	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹						
Composto 1	272,4	15,80	3,79	0,12	21,72	4,25	1,88
Composto 2	132,1	9,57	1,63	0,72	9,97	3,29	1,42
Composto 3	349,8	19,18	4,23	1,32	21,11	4,70	1,84
Composto 4	196,9	14,74	2,44	0,72	13,88	4,03	1,80
Composto 5	270,4	16,69	1,80	0,12	10,87	3,18	2,40
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	
	mg kg ⁻¹						
Composto 1	41,89	19,13	9983,50	384,16	81,79	0,10	
Composto 2	69,39	10,63	7371,46	312,32	90,12	0,10	
Composto 3	88,08	19,13	5859,22	359,17	78,87	0,12	
Composto 4	66,57	14,88	9983,50	406,02	275,96	0,11	
Composto 5	41,36	27,64	5034,37	418,52	51,77	0,06	

3.1.2. Área de cultivo em sistema de manejo convencional

A área manejada sob sistema convencional (SMC) foi implantada em 1998, com mudas enxertadas da cultivar Tommy Atkins, transplantadas para covas de 50 x 50 cm, espaçadas em 8 m entrelinhas e 6 m entre plantas. A adubação de

fundação constituiu de 20 L de esterco de curral, 400 g de superfosfato simples e 500 g de calcário por cova. Nesta área foi realizado um experimento de manejo de irrigação. O manejo nutricional, fitossanitário e fitotécnico foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura da mangueira.

3.1.3. Área de caatinga alterada.

A área de Caatinga hiperxerófila alterada (CAA) foi desmatada no ano de 1996. O desmatamento foi realizado por meio de roços. Após a retirada da mata nativa não houve nenhum tipo de cultivo. Desde então ocorreu o abandono da área, não havendo mais nenhuma intervenção antrópica, permitindo a sua revegetação natural.

3.2. Amostragem de solo

As amostras foram coletadas em janeiro de 2011. Na área manejada sob sistema orgânico as amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, sendo uma amostra composta de quatro amostras simples em cada unidade experimental (uma amostra na projeção da copa de cada planta). As amostras simples deformadas foram recolhidas em sacolas de plástico e reunidas em amostras compostas por profundidade.

As áreas de referência foram divididas em quatro subáreas. Em cada subárea foram coletadas ao acaso 10 amostras simples deformadas nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm para formar uma amostra composta. As amostras simples deformadas foram recolhidas em sacolas de plástico, reunidas em amostras compostas por profundidade; cada uma das subáreas constituiu uma repetição.

Foram retiradas ainda, em cada unidade experimental e subárea, amostras com estrutura indeformada, nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, coletadas em cilindros de aço inox com bordas cortantes e volume interno de 79,5 cm³, para determinação da densidade do solo (Embrapa, 1997).

Após coletadas, as amostras foram levadas ao Laboratório de Análise de Solos e Plantas da Embrapa Semiárido. Em seguida as amostras deformadas

foram divididas em duas partes: a primeira foi seca ao ar, destorroada, passada em peneira de 2 mm e reservada para as determinações químicas e físicas; a segunda foi mantida sob refrigeração a 10°C para determinação do carbono da biomassa microbiana e respiração basal.

3.3. Determinações Analíticas

3.3.1. Carbono Orgânico Total (COT)

A determinação do carbono orgânico total do solo foi realizada por meio de oxidação da matéria orgânica por via úmida utilizando-se solução de dicromato de potássio em meio ácido, com aquecimento externo seguido de titulação com sulfato ferroso amoniacal (Yeomans & Bremner, 1988).

3.3.2. Fracionamento químico da matéria orgânica

O fracionamento químico das substâncias húmicas foi realizado com base na solubilidade em meio alcalino e ácido, utilizando-se NaOH 0,1 mol L⁻¹ pela metodologia adaptada de Swift (1996) por Mendonça & Matos (2005). As análises foram realizadas em triplicata. Foram pesados 0,5 g de TFSA em tubo de centrífuga de 50 mL e adicionados 10 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹ a cada tubo de centrífuga, que foi agitado durante 1 hora a 120 rpm em agitador vertical; logo após foi centrifugado a 3000 g (FCR média) por 20 minutos, recolhendo-se o sobrenadante em um becher. Ao precipitado no fundo do tubo, foi adicionado novamente 10 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹. O precipitado remanescente no tubo correspondente a fração húmica (FHUM) que foi levado a estufa a 45 °C. O extrato alcalino recolhido no becher compreende as frações ácido húmico (FAH) e ácido fúlvico (FAF) e teve seu pH ajustado para 2,0 com solução de ácido sulfúrico 20 %, para separação destas duas frações. Foi determinado o carbono orgânico em cada uma das frações obtidas de acordo com a metodologia já descrita no item 3.3.2.. A fração substâncias húmicas (FSH) foi obtida pela soma

de carbono das três frações e a fração substâncias não húmicas (FSNH) foi obtida pela diferença entre carbono orgânico total (COT) e carbono humificado (FSH).

3.3.3. Biomassa microbiana do solo

As análises microbiológicas foram realizadas nas amostras que foram mantidas sob refrigeração por meio das seguintes determinações: carbono da biomassa microbiana do solo (CMic) e respiração basal, sendo o quociente metabólico (qCO_2) obtido pela razão entre a respiração basal do solo e o carbono da biomassa, por unidade de CMic (Silva et al., 2007 b) e quociente microbiano ($qMic$) obtido pela razão entre o CMic e o COT.

A determinação do CMic foi realizada em amostras irradiadas e não irradiadas, utilizando o método da irradiação-extração que analisa a biomassa microbiana extraível em solução aquosa de K_2SO_4 0,5 mol L⁻¹. A irradiação, além de matar, rompe as células microbianas liberando o citoplasma para o meio, permitindo a determinação do carbono presente na amostra. Antes da extração, amostras de 20 g de solo foram submetidas a irradiação em forno microondas doméstico (Swift, 1996). A mesma quantidade de solo não irradiada foi submetida a extração direta com K_2SO_4 0,5 mol L⁻¹. As análises foram realizadas em triplicata.

A determinação do carbono presente nos extratos foi realizada de acordo com Tedesco (1995), pipetando 10 ml do extrato filtrado para erlenmeyer de 125 ml. Foram adicionados 2 ml da solução de $K_2Cr_2O_7$ 0,066 mol L⁻¹, 10 ml de H_2SO_4 , 50 ml de água e o indicador ferroin e então foi feita a titulação com sulfato ferroso amoniacal.

3.3.4. Atividade microbiana do solo

Na determinação da respiração basal do solo foi utilizada a metodologia de Grisi (1978). Foram tomadas amostras, em triplicata, de 100 g de solo, umedecendo-as até atingirem volume correspondente a 80% da capacidade de

retenção de água do solo. As amostras umedecidas foram armazenadas e bem vedadas em potes plásticos juntamente com uma amostra de 10 mL da solução de NaOH 1 mol L⁻¹. O CO₂ liberado pela respiração reagiu com NaOH 1 mol L⁻¹ e foi titulado com HCl 1 mol L⁻¹, tendo como indicador a fenolftaleína, em períodos de 1, 7 e 15 dias de incubação, a 25-28°C. Foram mantidos frascos controle ou branco, que não continham amostra de solo. O cálculo foi feito com base na diferença entre o volume de HCl consumido pelas amostras e pelo "branco" sendo expresso em mg CO₂ kg⁻¹ dia⁻¹.

3.4. Análise estatística

Os resultados obtidos nos diferentes tratamentos da área manejada sob sistema orgânico foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados levantados nas áreas de referência foram comparados com os tratamentos da área manejada sob sistema orgânico por meio dos intervalos de confiança para a média.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização dos compostos orgânicos

A análise dos teores totais de C e N dos compostos mostrou que o composto 3 apresenta os maiores valores de carbono seguido dos compostos 1 e 5 (Tabela 3).

Tabela 3. Teores de C e N, relação C/N, teores das FAH e FAF e grau de polimerização dos compostos orgânicos utilizados na área de cultivo de mangueira em sistema de manejo orgânico.

	C	N	C/N	FAH	FAF	GP
	----- g.kg -----			----- g.kg -----		
Composto 1	272,4	15,80	17,24	6,24	8,40	0,74
Composto 2	132,1	9,57	13,80	7,84	6,24	1,25
Composto 3	349,8	19,18	18,23	6,96	6,24	1,11
Composto 4	196,9	14,74	13,35	7,45	5,52	1,34
Composto 5	270,4	16,69	16,20	7,32	5,67	1,29

C: carbono, N: nitrogênio, C/N: Relação carbono-nitrogênio, FAH: Fração ácidos húmicos, FAF: Fração ácidos fúlvicos, GP: Grau de polimerização

No processo de compostagem, a decomposição do material orgânico é diferenciada segundo as características físicas, químicas e biológicas dos seus diversos componentes. Os açúcares, amidos e proteínas simples, são decompostos primeiro; a seguir, há a decomposição da proteína bruta e da hemicelulose. Outros componentes, como a celulose, a lignina e as gorduras, são mais resistentes (Miyasaka et al., 1983; Tibau, 1983; Igue, 1984) e, dessa forma, originam diferentes compostos, com diferentes tempos de permanência no solo.

A maior relação C/N foi observada no composto 3, seguido dos compostos 1, 5 respectivamente (Tabela 3). A relação C/N nos compostos variou de 13/1 a 18/1, ficando próxima dos valores obtidos por Lima (2006), que realizaram a compostagem da mistura de diversos materiais como, bagaço de cana, cinzas de

bagaço de cana e esterco de galinhas poedeiras. Estes autores verificaram que ao final de 120 dias de compostagem, os tratamentos apresentaram relação C/N variando entre 11/1 e 14/1. A relação C/N é um índice utilizado para avaliar os níveis de maturação de substâncias orgânicas e seus efeitos no crescimento microbiológico, já que a atividade dos microrganismos heterotróficos, envolvidos no processo, depende tanto do conteúdo de carbono para fonte de energia, quanto de N para síntese de proteínas (Sharma et al., 1997).

Na maioria dos compostos orgânicos pode ser observado maior teor da fração ácidos húmicos (FAH) em relação a fração ácidos fúlvicos (FAF), com exceção apenas do composto 1, no qual se observa maior teor da FAF em relação a FAH. A redução na FAF ao longo do tempo de compostagem indica que durante o processo há uma transformação de substâncias, gerando estruturas mais complexas e polimerizadas correspondentes a FAH, fenômeno desejado em processos de compostagem bem conduzidos (Garcia-Gómez et al, 2005).

O maior incremento na fração FAF indica que as taxas de transformação podem ser reduzidas. Já o predomínio da FAH sobre a FAF, reflete a degradação de componentes como lignina, celulose e proteínas e implica em aumentos na complexidade das estruturas formadoras dos ácidos húmicos e, portanto, no aumento do grau de estabilização da matéria orgânica.

A maturação incompleta do material orgânico pode resultar em quantidades desproporcionais da FAF. Segundo Jodice, (1989) o grau de polimerização (GP), ou humificação (IH), expresso pela relação $GP = FAH/FAF$, deve apresentar valores maiores que 1,5 para compostos bem humificados. As análises dos compostos estudados mostram graus de polimerização variando de 0,74 a 1,34, indicando assim, que durante o processo não houve a transformação de substâncias, gerando estruturas mais complexas e polimerizadas correspondentes a FAH adequados. Garcia-Gómez et al. (2005), estudando a evolução das frações da matéria orgânica na compostagem, encontraram valores de índice de humificação que variaram entre 0,5 e 2,0, sendo esses valores significativamente diferentes entre os compostos avaliados. Por outro lado, Francou et al. (2005) encontraram valores para o índice de humificação, que variaram de 1,2 a 4,3 em diferentes materiais após 6 meses de compostagem. Baseado nos estudos desenvolvidos, pode-se dizer que é difícil estabelecer um valor universal para avaliar o grau de humificação, já que a degradação das

frações orgânicas depende da origem e da composição da mistura do material compostado (Bernal et al., 1998). Assim, não pode ser estabelecido um valor universal para descrever e prever o grau de maturação de compostos de composição distinta.

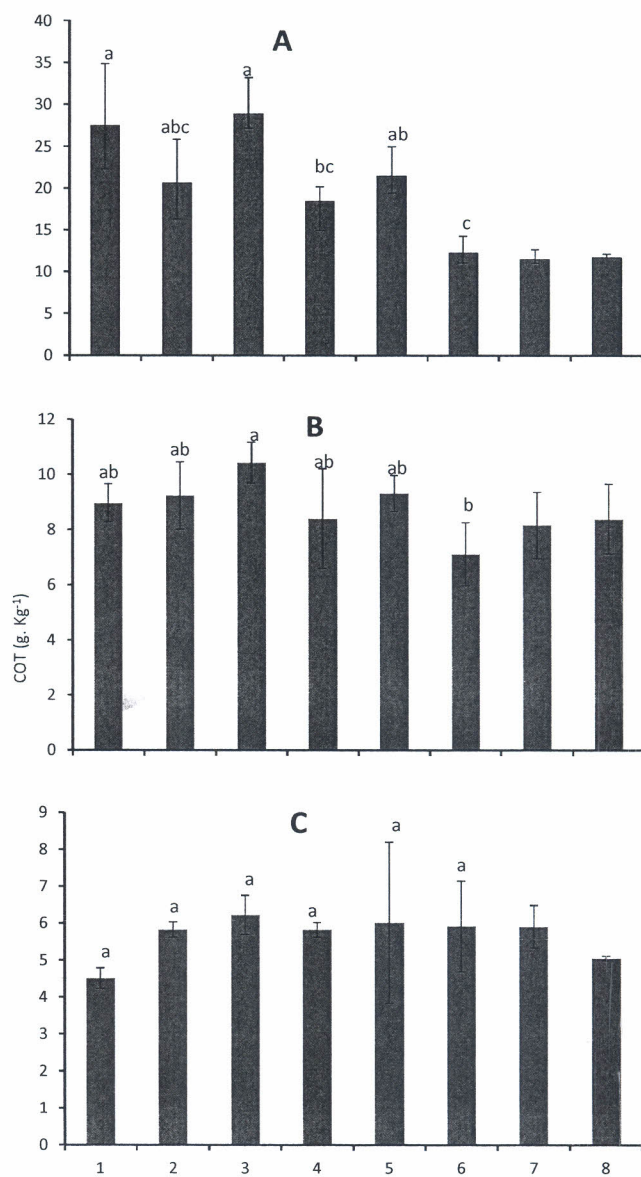
4.2. Carbono orgânico total

Na área de cultivo de mangueira em sistema de manejo orgânico constatou-se aumento significativo ($p < 0,05$) nos teores de carbono orgânico total (COT) do solo em todos os tratamentos com uso de composto orgânico em relação ao tratamento testemunha, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, não sendo observada diferença significativa na profundidade 10-20 cm (Figura 1). A aplicação dos compostos 1 e 3 proporcionaram maior teor de COT na profundidade 0-5 cm, significativamente maior que a testemunha, com 27,48 e 28,87 g kg⁻¹, representando cerca de 124,32 % e 135,67 % de incremento de COT, respectivamente. Na profundidade 5-10 cm destacou-se o tratamento 3, com 10,43 g kg⁻¹ de COT, diferenciando-se estatisticamente do tratamento testemunha e representando incremento de carbono de 46,69 %.

Comparando os valores obtidos nos tratamentos da área manejada sob sistema orgânico com as áreas de referência (CAA e SMC) pode ser verificado incremento do COT na profundidade 0-5 cm pela adoção do manejo orgânico com o uso de todos os compostos orgânicos. Na profundidade 5-10 cm este incremento de COT só é verificado no tratamento 3 e na profundidade 10-20 cm não é observada diferença significativa em relação a ambas as áreas de referência.

O aumento no teor de COT no solo em virtude do uso de composto orgânico tem sido verificado por outros autores. Leite et. al. (2003) observou que a aplicação de adubação orgânica aumentou os teores de carbono orgânico total, em relação aos sistemas de produção com adubação mineral ou mesmo sem adubação, o que a posiciona como uma estratégia de manejo importante à conservação da qualidade do solo. O uso de resíduos orgânicos resultou, por exemplo, em aumento de teores de COT no solo em comparação com a

adubação exclusivamente convencional de milho na região da zona da mata mineira (Maia & Cantarutti, 2004).



1: Composto 1; 2: Composto 2; 3: Composto 3; 4: Composto 4; 5: Composto 5; 6: Testemunha; 7: área manejada sob sistema convencional; 8: área de Caatinga hiperxerófila alterada.

Figura 1. Teores de carbono orgânico (COT) do solo em área experimental com compostos orgânicos e em áreas de referência, nas profundidades 0-5 cm (A), 5–10 cm (B) e 10-20 cm (C) de um ARGISSOLO AMARELO Eutrófico latossólico.

Em todos os ambientes estudados houve uma tendência geral de diminuição nos teores de COT com o aumento da profundidade do solo (Figura 1). Isto se deve ao fato de que na aplicação os resíduos orgânicos ficam depositados na superfície do solo, aumentando, assim, o acúmulo de matéria orgânica em superfície.

O comportamento dos compostos após a aplicação no solo depende de uma diversidade de variáveis. Primeiro, de características do próprio composto como, por exemplo, tempo de compostagem, relação C:N, mas também das características do solo, da quantidade aplicada e das condições ambientais (Bernal et al., 1998; Adani et al., 2007). O maior teor de COT na profundidade de 0-5 cm, proporcionado pelos compostos 1 e 3, pode ser atribuído às características dos próprios compostos, que apresentaram maior teor de carbono e maior relação C/N que os demais (Tabela 3).

A dificuldade na manutenção de níveis elevados de carbono no solo em cultivos irrigados da região semiárida está relacionada aos baixos teores naturais de matéria orgânica e a rápida mineralização daquela que é adicionada. Isto se deve a frequência de irrigação, combinada com as elevadas taxas de evapotranspiração e altas temperaturas, necessitando assim de técnicas de manejo que venham a possibilitar a permanência da matéria orgânica por mais tempo nesse solo. Oliveira et al (2002) afirma que na região semiárida valores mais elevados de carbono orgânico são encontrados nos horizontes superficiais sendo o fator de manejo decisivo na conservação destes solos e deve ser realizado no sentido de priorizar a otimização dos recursos naturais.

Corrêa (2007) afirma que a quantidade de matéria orgânica de uma área serve de base para inferências sobre a qualidade do solo e, por isso, tem sido amplamente utilizada em estudos de sistemas agrícolas, principalmente em comparação com ambientes naturais. Este autor afirma ainda, que a matéria orgânica apresenta-se como um sistema complexo de substâncias, cuja dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e por uma transformação contínua sob a ação de fatores biológicos, químicos e físicos.

O fato de a CAA estar mantendo um menor teor de carbono em relação à área de mangueira em sistema de manejo orgânico deve-se ao fato de os solos predominantes nas regiões semiáridas possuírem baixo conteúdo de matéria

orgânica (Anjos et al., 2000) e a retirada da vegetação natural para instalação dessas áreas agrícolas causar alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, as quais são dependentes das condições do solo, do clima, do tipo de cultura e das práticas de manejo adotadas (Marchiori JR. & Melo, 2000).

Segundo Paustian et al. (2000) e Lal (2002) a retirada da vegetação nativa resulta em um declínio significativo da concentração de matéria orgânica do solo. Contudo, no presente estudo, no cultivo de mangueira em sistema de manejo orgânico, a adição de compostos orgânicos promoveu incremento da MOS e consequentemente, dos teores de carbono no solo, alcançando valores superiores à média da área CAA. Faria et. al. (2007), em estudo realizado em solos cultivados com fruteiras, cana-de-açúcar e hortaliças em áreas irrigadas de Petrolina-PE e Juazeiro-BA, encontraram que os cultivos de hortaliças, que são anuais, contribuem para reduzir os teores de matéria orgânica do solo, enquanto os de fruteiras e cana-de-açúcar para aumentá-los, devido ao aporte de resíduos orgânicos proporcionado pelo sistema de manejo dessas culturas.

Os aumentos nos teores de carbono obtidos neste trabalho são corroborados por Passos et al. (2007) que, comparando o conteúdo de COT proveniente de duas coberturas vegetais, encontraram nos agregados do solo valores de COT de $30,58 \text{ g kg}^{-1}$ no solo sob cobertura de milho a trinta anos e de $28,76 \text{ g kg}^{-1}$ no solo sob cobertura vegetal natural, revelando que a adição anual dos restos culturais de milho, por aproximadamente trinta anos, refletiu no maior conteúdo de COT nos agregados do solo.

Estudos recentes comparando sistemas convencionais e orgânicos de produção na fruticultura no Submédio São Francisco já demonstraram menores teores de COT em sistemas convencionais quando comparados ao sistema orgânico (Conceição et al., 2011; Freitas et al., 2011).

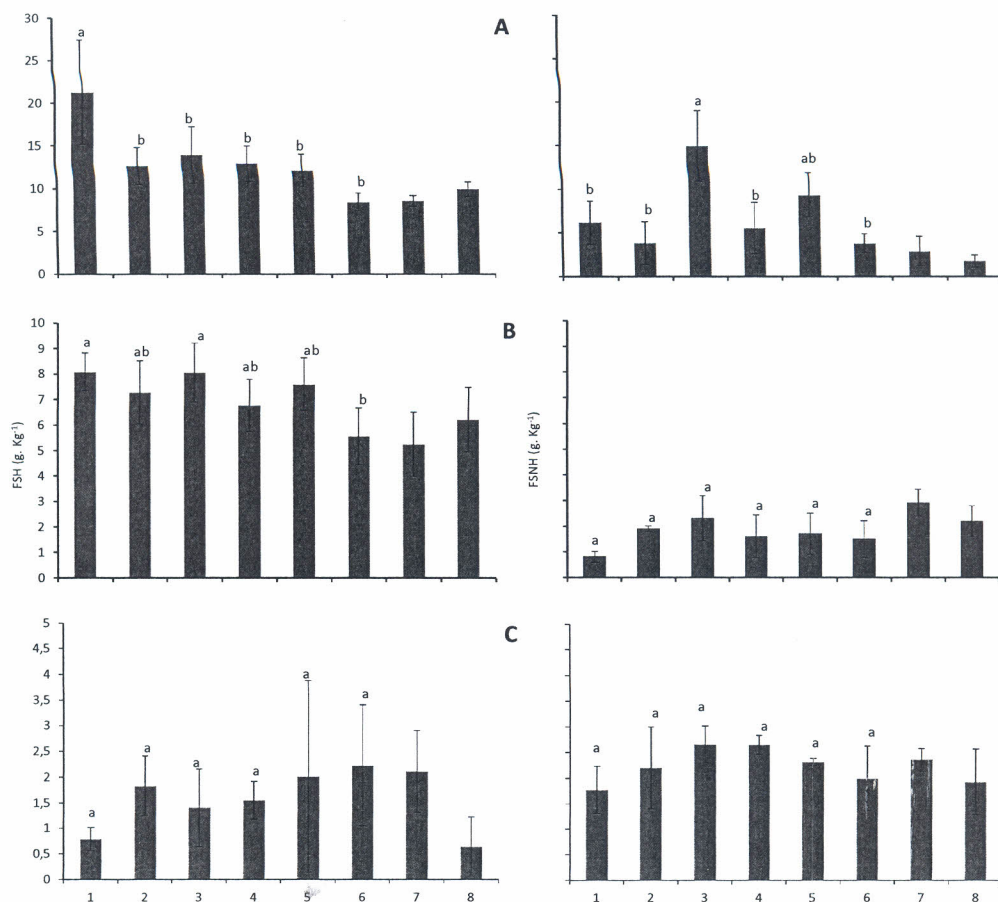
4.3. Carbono das frações da matéria orgânica do solo

Os resultados do teor de carbono nas frações da matéria orgânica das amostras de solo coletadas nas áreas de manejo estudadas indicam que, no sistema de manejo orgânico, a adubação com o composto 1 resultou em aumento

dos teores de carbono na fração de substâncias húmicas (FSH), significativamente superiores à testemunha na profundidade 0-5 cm, e com os compostos 1 e 3 na profundidade 5-10 cm, não havendo diferenças na profundidade de 10-20 cm (Figura 2). Este aumento proporcionado pelo uso de compostos foi de 152,36 % para o composto 1 na profundidade 0-5 cm, 44,78 % e 45,32% para os compostos 3 e 1, respectivamente, na profundidade 5-10 cm.

De forma similar foi observado um incremento na FSH pelo tratamento 1 na área manejada sob sistema orgânico quando comparada com as áreas de referência na profundidade 0-5 cm. No entanto não houve diferença em relação aos demais tratamentos. Na profundidade 5-10 cm o teor de carbono nos tratamentos sob manejo orgânico não difere do CAA; os tratamentos 1 e 3 proporcionaram maior teor de carbono na FSH em relação a SMC. Na profundidade 10-20 cm não foram observadas diferenças entre SMC e CAA e os tratamentos com manejo orgânico. Estes resultados permitem dizer que o uso do composto 1, principalmente, quando comparado com ambas as áreas de referências, de maneira geral, possibilita maior incremento de substâncias húmicas na camada superficial do solo. Atribui-se esse incremento ao aumento do teor de COT (Figura 1).

Nas frações de substâncias não húmicas (FSNH), apenas na profundidade 0-5 cm, o composto 3 difere significativamente dos demais tratamentos por apresentar os maiores teores de carbono (Figura 2) .



1: Composto 1; 2: Composto 2; 3: Composto 3; 4: Composto 4; 5: Composto 5; 6: Testemunha; 7: área manejada sob sistema convencional; 8: área de Caatinga hiperxerófila alterada.

Figura 2. Teores de carbono das frações húmicas (FSH) e frações não húmicas (FSNH) do solo em área experimental com compostos orgânicos e em áreas de referência, nas profundidades 0-5 cm (A), 5-10 cm (B) e 10-20 cm (C) de um ARGISSOLO AMARELO Eutrófico latossólico.

Na profundidade 0-5 cm, os teores de carbono da FSNH foram maiores nos tratamentos 3 e 5 em relação a área SMC e com exceção do tratamento 2, todos os demais apresentaram teores de carbono da FSNH superiores aos da área CAA. Na profundidade 5-10 cm o SMC possui os maiores teores de carbono na FSNH, contudo não difere dos tratamentos 3, 4 e 5. Na profundidade 10-20 cm não houve diferenças entre o carbono da FSNH das áreas de referência e os diferentes tratamentos (Figura 2).

O aumento no teor de carbono da FSH observado nos tratamentos com a adição dos compostos ocorreu nas frações ácidos fúlvicos (FAF) e humina (FHUM), não havendo diferenças na fração ácidos húmicos (FAH) (Tabela 4).

Tabela 4. Teores de carbono das frações humina (FHUM), fração ácidos húmicos (FAH) e fração ácidos fúlvicos (FAF) do solo em área experimental com compostos orgânicos e em áreas de referência, nas profundidades 0-5 cm (A), 5-10 cm (B) e 10-20 cm (C) de um ARGISSOLO AMARELO Eutrófico latossólico.

Tratamento	FHUM	FAH	FAF
----- g kg ⁻¹ -----			
0-5 cm			
SMC	5,92 (±0,18)	0,96 (±0,33)	1,67 (±0,34)
CAP	5,23 (±0,43)	2,70 (±0,68)	1,97 (±0,36)
1. Composto 1	13,55 (±6,03) a	2,15 (±0,58) a	5,59 (±0,77) a
2. Composto 2	8,68 (±1,15) ab	1,59 (±0,40) a	2,37 (±0,40) b
3. Composto 3	10,32 (±3,56) ab	1,68 (±0,33) a	1,91 (±0,33) BC
4. Composto 4	9,30 (±1,60) ab	1,67 (±0,57) a	1,91 (±0,34) BC
5. Composto 5	9,23 (±1,84) ab	1,43 (±0,30) a	1,43 (±0,00) c
6. Testemunha	6,12 (±0,78) b	1,13 (±0,58) a	1,19 (±0,34) c
CV%	26,2	21,44	16,01
5-10 cm			
SMC	3,27 (±0,42)	0,72 (±0,0)	1,26 (±0,67)
CAP	3,16 (±0,89)	1,97 (±0,68)	1,08 (±0,40)
1. Composto 1	3,90 (±0,29) a	1,07 (±0,40) a	3,10 (±0,26) a
2. Composto 2	3,92 (±1,12) a	1,43 (±0,00) a	1,91 (±0,57) b
3. Composto 3	5,54 (±0,77) a	1,07 (±0,40) a	1,43 (±0,00) b
4. Composto 4	3,95 (±0,44) a	0,89 (±0,35) a	1,91 (±0,93) b
5. Composto 5	4,91 (±0,73) a	1,25 (±0,35) a	1,43 (±0,00) b
6. Testemunha	3,22 (±0,31) a	1,03 (±0,58) a	1,31 (±0,93) b
CV%	23,25	27,56	24,43
10-20 cm			
SMC	2,36 (±0,22)	0,54 (±0,35)	0,99 (±0,35)
CAP	1,93 (±0,64)	1,61 (±0,35)	0,90 (±0,35)
1. Composto 1	1,77 (±0,46) a	0,61 (±0,00) a	1,33 (±0,00) a
2. Composto 2	2,20 (±0,80) a	0,71 (±0,40) a	1,07 (±0,40) ab
3. Composto 3	2,66 (±0,36) a	1,07 (±0,40) a	1,08 (±0,41) ab
4. Composto 4	2,65 (±0,18) a	0,71 (±0,00) a	0,89 (±0,35) ab
5. Composto 5	2,32 (±0,07) a	0,77 (±0,35) a	0,79 (±0,00) b
6. Testemunha	2,00 (±0,63) a	0,77 (±0,35) a	0,78 (±0,00) b
CV%	21,34	35,71	23,42

(1) Valores entre parênteses referem-se ao intervalo de confiança (n = 4) (alfa=0,5). (2) Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, nos tratamentos sob sistema orgânico não diferem entre si pelo teste F (p<0,05). (3) SMC: Área de referência sistema convencional; CAA: Área de referência Caatinga alterada; (4) FHUM: Fração humina; FAH: Fração ácidos húmicos; FAF: Fração ácidos fúlvicos.

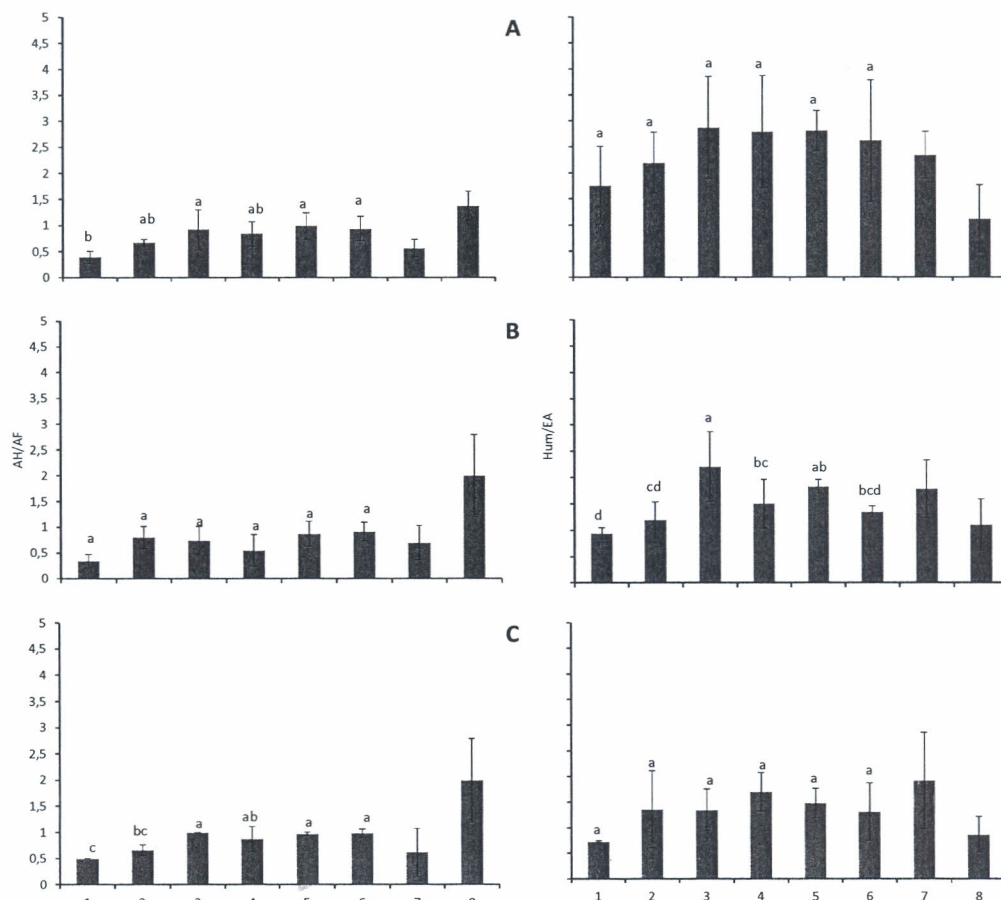
Neste caso, a transformação da matéria orgânica não privilegia a formação de substâncias alcalino-solúveis condensadas e, provavelmente, favorece a estabilização direta, via interação com a fração mineral e sua dissociação em moléculas menos condensadas. Tal fenômeno também foi observado por Dabin (1981) em solos tropicais da África. No entanto, são observados teores mais elevados de carbono da FAH na área CAA em todas as profundidades avaliadas, com relação a área SMC e aos tratamentos com compostos.

Houve um incremento de carbono na fração humina (FHUM) de 121,4%, na profundidade 0-5 cm com a aplicação do composto 1, significativamente maior que no tratamento testemunha. Nas demais profundidades não se observam diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 4).

As áreas de referência apresentam os menores teores de carbono na FHUM quando comparado aos tratamentos com o uso dos diferentes compostos, ficando semelhante apenas ao tratamento testemunha na profundidade 0-5 cm. Nas profundidades 5-10 e 10-20 cm não é notada diferença entre a FHUM dos tratamentos com composto e as áreas de referência.

Apesar de se verificar predomínio da FHUM entre as frações húmicas, observa-se incremento nos teores de carbono da fração ácidos fúlvicos (FAF) com os compostos 1 e 2, significativamente superior ao tratamento testemunha, na profundidade 0-5 cm. O incremento de carbono nesta fração é de 99,5 % para o composto 2 e 269,74% para o composto 1. Nas demais profundidades observa-se incremento nesta fração apenas para o composto 1, sendo de 136,64 % e 70,51% nas profundidades 5-10 cm e 10-20 cm, respectivamente (Tabela 4). Verifica-se incremento significativo no teor de FAF no tratamento com composto 1 quando comparado com ambas as áreas de referência e não é notada diferença entre estas e os demais tratamentos com compostos orgânicos, em todas as profundidades estudadas (Tabela 4). O fato de o composto 1 apresentar os maiores teores de FAF no solo está relacionado aos maiores teores de FAF presentes no próprio composto (Tabela 3). Esse comportamento é semelhante ao encontrado por Canellas et al. (2001), em Latossolo Vermelho-Amarelo, que apesar de terem obtido um acréscimo de 94 % na FHUM devido a aplicação de composto de resíduo sólidos urbanos, encontraram um aumento de cerca de 192 % nos teores da FAF.

Em estudos que envolvem substâncias húmicas, a relação FAH/FAF pode ser considerada um índice de humificação da matéria orgânica presente no solo (Souza & Melo, 2000), de modo que, valores superiores à unidade, indicam a predominância de polimerização da matéria orgânica. O valor da relação FAH/FAF foi menor que 1 para os diferentes tratamentos, indicando o predomínio da FAF em detrimento da FAH em todos os tratamentos, nas diferentes profundidades. Os menores valores foram obtidos para o tratamento 1 nas profundidades 0-5 e 10-20 cm, por este tratamento apresentar maior FAF. Entretanto, na CAA a relação FAH/FAF foi maior que 1 em todas as profundidades, indicando a predominância da FAH no solo da Caatinga (Figura 3). Leite et al. (2003) observaram que a proporção FAH/FAF foi maior no solo sob Floresta do que no solo sob sistemas de produção, ressaltando que em florestas naturais, sem perturbação do solo, há maior polimerização de compostos húmicos, aumentando a proporção da FAH em relação a FAF. Cunha et. al. (2007) também encontraram valores da FAH maiores que FAF em solos Amazônicos sob floresta.



1: Composto 1; 2: Composto 2; 3: Composto 3; 4: Composto 4; 5: Composto 5; 6: Testemunha; 7: área manejada sob sistema convencional; 8: área de Caatinga hiperxerófila alterada

Figura 3. Relação Ácido húmico /Ácido fúlvico (AH/AF) e relação Humina/ estrato alcalino (Hum/EA) do solo em área experimental com compostos orgânicos e em áreas de referência, nas profundidades 0-5 cm (A), 5-10 cm (B) e 10-20 cm (C) de um ARGISSOLO AMARELO Eutrófico latossólico.

A relação FAH/FAF apresenta valor menor que 1 tanto no SMC como também nos diferentes tratamentos no sistema de manejo orgânico, em todas as profundidades, indicando assim a predominância da FAF sobre a FAH e baixa polimerização de compostos húmicos.

A relação FHUM/(FAF+FAH) indica o sentido do equilíbrio da transformação direta entre as frações húmicas (Pizauro Jr & Melo, 1995), de

modo que, valores maiores que a unidade apontam a polimerização da matéria orgânica no sentido dos ácidos fúlvicos para huminas. Quando se observa a relação entre a FHUM e o extrato alcalino ($EA = FAH + FAF$), houve uma variação de 1,76 a 2,87 na profundidade 0-5 cm (Figura 3), indicando predomínio da FHUM nos diferentes tratamentos da área manejada sob sistema orgânico, não havendo diferença significativa entre eles. Este resultado confirma que a aplicação do composto orgânico no solo, de maneira geral, favoreceu a maior proporção dos componentes de maior peso molecular nesta profundidade, o que indica a presença de matéria orgânica de maior estabilidade (humina). Resultados semelhantes foram obtidos por Leite et al. (2003) na região da zona da mata mineira, com o aumento dos teores de humina no solo após o cultivo de milho com adubação orgânica. Contudo, os autores reportam uma redução dos teores de AH e AF, o que não foi observado no presente trabalho. Na profundidade 5-10 cm os valores de FHUM/EA variam de 0,96 a 2,22 e na profundidade 10-20 cm de 0,73 a 1,70 (Figura 4). A relação FHUM/EA também foi maior que 1 no SMC em todas as profundidades, mostrando assim, a predominância da FHUM sobre o extrato alcalino (FAH+FAF). O mesmo pode ser observado na área CAA, excetuando-se a profundidade 10-20 cm.

O tratamento com o composto 1 apresentou os menores valores, inferiores a 1, nas profundidades 5-10 e 10-20 cm, indicando neste caso, a predominância do extrato alcalino. Os demais tratamentos apresentam valores acima de 1, devido a predominância da FHUM. Este resultado está relacionado ao fato do tratamento 1 apresentar o maior teor de carbono na FAF, aumentando assim o carbono do extrato alcalino.

Diferente de Ferreira (1997) que estudou solos da região de Bauru-SP e Longo & Espíndola (2000) que avaliaram áreas de Cerrado e Floresta Amazônica, observando a diminuição dos estoques de carbono das frações FAF, FAH e FHUM, decorrente da mudança de vegetação natural para agricultura, neste trabalho foi observada a redução apenas dos teores de FAH, principalmente na profundidade 10-20 cm, e incremento de FAF e FHUM pelo uso de alguns compostos orgânicos na camada superficial do solo (Tabela 4).

Esse predomínio da FHUM em relação às outras frações húmicas já era esperado, corroborando dados encontrados por Cunha et al, (2005) que estudaram a composição húmica da matéria orgânica em alguns tipos de solos do

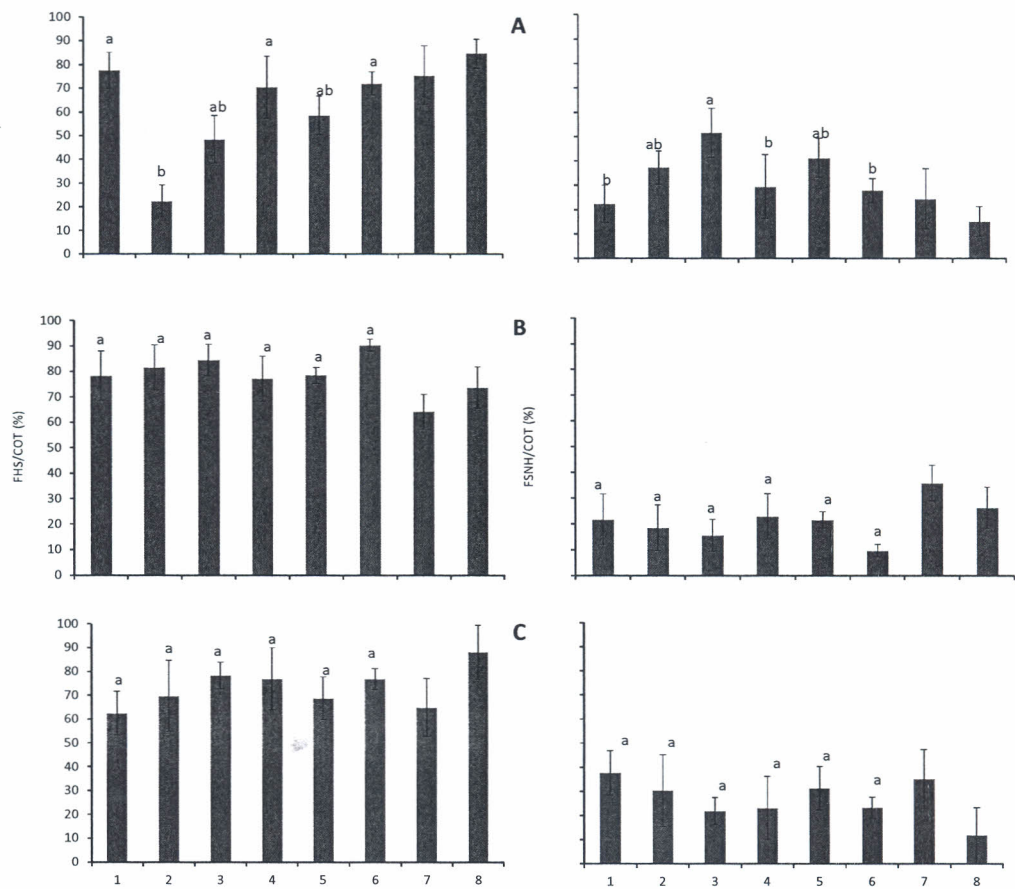
Brasil. A FHUM da matéria orgânica do solo está intimamente associada à fração mineral do solo. A provável via de formação desta fração é a por herança, que descreve uma evolução direta dos compostos insolúveis lignificados, presentes na matéria orgânica pouco transformada e que constitui essencialmente a humina herdada ou humina residual (Duchaufour, 1977). O predomínio da FHUM em relação às FAH e a FAF também foi verificado em outros estudos com solos tropicais (Conteh e Blair, 1998; Assis et al. 2006). Estudando uso da terra e propriedades físicas e químicas de um Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia ocidental, Araújo et al. (2004) também constataram maiores valores de carbono na FHUM em detrimento das frações FAF e FAH, corroborando os resultados deste estudo. Os autores verificaram ainda que as maiores variações relativas às três frações ocorrem nos primeiros centímetros do solo.

Lima (2001) ao estudar a composição das substâncias húmicas de solos da Amazônia, verificou que nesses solos houve predominância das frações mais estáveis (FAH e FHUM), com menor contribuição das frações mais solúveis e móveis (FAF). Segundo o autor, este fato pode estar relacionado com a intensa humificação e rápida mineralização da matéria orgânica. Além disso, o acúmulo de MOS nestes sistemas naturais pode contribuir para o aumento dos estoques de ácidos húmicos, por meio de processo de herança de compostos da matéria orgânica fresca, de modo semelhante ao que ocorreria com a humina herdada, particularmente, da lignina (Stevenson, 1994).

4.3.1. Relação entre carbono das frações da matéria orgânica e carbono total do solo

Ao relacionar as concentrações das frações não humificadas e humificadas com o COT observa-se que a maior parte do carbono orgânico nos diferentes tratamentos na profundidade 0-5 cm é constituída pela fração humificada, com exceção do tratamento 3, que apresenta baixa relação FSH/COT, devido ao maior teor de carbono não humificado (Figura 4). Nas demais profundidades o carbono presente em todos os tratamentos se encontra em maior proporção na fração humificada. Com relação às áreas de referência, CAA apresentou os maiores valores da relação FSH/COT nas profundidades 0-5 e 10-20 cm. Contudo, não

houve diferenças significativas entre as áreas de referência e os diferentes tratamentos.



1: Composto 1; 2: Composto 2; 3: Composto 3; 4: Composto 4; 5: Composto 5; 6: Testemunha; 7: área manejada sob sistema convencional; 8: área de Caatinga hiperxerófila alterada

Figura 4. Relação entre as frações substâncias húmicas (FHS) e frações substâncias não húmicas (FSNH) e o carbono orgânico total do solo em área experimental com compostos orgânicos e em áreas de referência, nas profundidades 0-5 cm (A), 5-10 cm (B) e 10-20 cm (C) de um ARGISSOLO AMARELO Eutrófico latossólico.

Segundo Kononova (1982) o carbono orgânico representado pelas substâncias húmicas propriamente ditas, constitui cerca de 85 a 90 % da reserva total do carbono orgânico. No presente trabalho observa-se que o percentual de

FSH na profundidade 0-5 cm varia de 48,4% (tratamento 3) a 77,5 % (tratamento 1), mostrando diferença significativa para o tratamento com o composto 3 por apresentar o menor teor de FSH comparado aos demais tratamentos. Na profundidade 5-10 cm o percentual de FSH varia de 77,1 % (tratamento 3) a 90,2 % (tratamento 1) e na profundidade 10-20 cm varia de 62,4 % (tratamento 3) a 83,06 % (tratamento 1). Contudo, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos nas profundidades 5-10 e 10-20 cm (Figura 4).

O composto 3 apresentou os maiores percentuais da relação FSNH/COT na profundidade 0-5 cm, devido as características do próprio composto, maiores teores de carbono e maior relação C/N, diminuindo assim a taxa de mineralização. Nas demais profundidades não houve diferenças entre os tratamentos e nem com as áreas de referência.

De modo geral, a fração humina foi a que apresentou maior participação no conteúdo de total de carbono nas substâncias húmicas no solo. A relação FHUM/COT mostrou os maiores percentuais, entre 35,7 % e 51,4 %, nos diferentes tratamentos na profundidade 0-5 cm, 42,0 e 53,1% na profundidade 5-10 cm e 34,8 % e 42,9 % na profundidade 10-20 cm (Tabela 5).

Não houve diferença significativa quanto a esses percentuais entre os diferentes tratamentos. Com relação às áreas de referência, os maiores valores foram obtidos para SMC na profundidade 0-5 cm e CAA nas profundidades 5-10 e 10-20 cm.

Tabela 5. Relação entre as frações humina (HUM), fração ácidos húmicos (AH) e fração ácidos fúlvicos (AF) e o carbono orgânico total (COT) do solo em área experimental com compostos orgânicos e em áreas de referência nas profundidades 0-5 cm (A), 5-10 cm (B) e 10-20 cm (C) de um ARGISSOLO AMARELO Eutrófico latossólico.

Tratamento	HUM/COT	AH/COT %	AF/COT
0 - 5 cm			
SMC	52,10 ($\pm 6,5$)	8,40 ($\pm 3,1$)	14,70 ($\pm 3,6$)
CAP	48,70 ($\pm 28,1$)	32,47 ($\pm 4,2$)	18,00 ($\pm 1,0$)
1. Composto 1	48,20 ($\pm 9,9$) a	7,80 ($\pm 1,2$) ab	21,30 ($\pm 5,3$) a
2. Composto 2	42,20 ($\pm 0,9$) a	8,10 ($\pm 2,3$) ab	12,20 ($\pm 3,9$) b
3. Composto 3	35,70 ($\pm 9,8$) a	5,80 ($\pm 0,9$) b	6,80 ($\pm 2,0$) b
4. Composto 4	51,40 ($\pm 11,1$) a	9,03 ($\pm 3,5$) ab	10,39 ($\pm 3,5$) b
5. Composto 5	43,20 ($\pm 7,1$) a	8,50 ($\pm 0,8$) ab	6,80 ($\pm 0,8$) b
6. Testemunha	50,70 ($\pm 8,5$) a	11,60 ($\pm 4,3$) a	9,60 ($\pm 1,8$) b
CV%	17,77	21,51	24,34
5-10 cm			
SMC	39,98 ($\pm 2,38$)	8,88 ($\pm 0,80$)	15,26 ($\pm 7,94$)
CAP	51,60 ($\pm 23,19$)	30,00 ($\pm 1,91$)	17,71 ($\pm 9,18$)
1. Composto 1	43,60 ($\pm 2,33$) a	11,98 ($\pm 4,33$) a	34,70 ($\pm 1,70$) a
2. Composto 2	42,01 ($\pm 6,78$) a	15,71 ($\pm 4,97$) a	20,71 ($\pm 5,89$) b
3. Composto 3	53,11 ($\pm 5,73$) a	10,18 ($\pm 3,48$) a	13,82 ($\pm 0,92$) b
4. Composto 4	45,08 ($\pm 7,11$) a	12,77 ($\pm 6,05$) a	26,53 ($\pm 5,65$) b
5. Composto 5	52,73 ($\pm 6,76$) a	13,30 ($\pm 3,23$) a	15,47 ($\pm 1,06$) b
6. Testemunha	46,75 ($\pm 5,99$) a	14,78 ($\pm 8,53$) a	19,89 ($\pm 8,28$) b
CV%	13,72	28,51	17,32
10-20 cm			
SMC	40,01 ($\pm 1,06$)	9,15 ($\pm 6,10$)	15,73 ($\pm 7,91$)
CAP	45,26 ($\pm 14,94$)	34,42 ($\pm 8,62$)	19,77 ($\pm 10,34$)
1. Composto 1	35,04 ($\pm 1,22$) a	16,02 ($\pm 1,04$) a	32,00 ($\pm 2,11$) a
2. Composto 2	38,12 ($\pm 14,94$) a	18,27 ($\pm 6,42$) a	12,33 ($\pm 0,45$) b
3. Composto 3	42,93 ($\pm 5,74$) a	16,93 ($\pm 5,18$) a	17,05 ($\pm 5,23$) b
4. Composto 4	42,73 ($\pm 1,55$) a	13,94 ($\pm 0,36$) a	21,58 ($\pm 6,71$) b
5. Composto 5	41,99 ($\pm 11,71$) a	14,84 ($\pm 0,79$) a	12,91 ($\pm 3,48$) b
6. Testemunha	34,82 ($\pm 10,69$) a	15,04 ($\pm 3,74$) a	12,56 ($\pm 2,63$) b
CV%	23,56	23,89	24,57

(1) Valores entre parênteses referem-se ao intervalo de confiança ($n = 4$) ($\alpha = 0,5$). (2) Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, nos tratamentos sob sistema orgânico não diferem entre si pelo teste F ($p < 0,05$). (3) SMC: Área de referência sistema convencional; CAA: Área de referência Caatinga preservada; (4) FHUM/COT: Percentual da fração humina no carbono orgânico total do solo; FAH/COT: Percentual da fração ácidos húmicos no carbono orgânico total do solo; FAF/COT: Percentual da fração ácidos fúlvicos no carbono orgânico total do solo.

A relação FAH/COT variou de 5,8 a 11,6 % na profundidade 0-5 cm, sendo o menor valor obtido com o composto 3. Nas demais profundidades não houve diferença significativa entre os tratamentos, com valores entre 10,2 e 15,7 % na

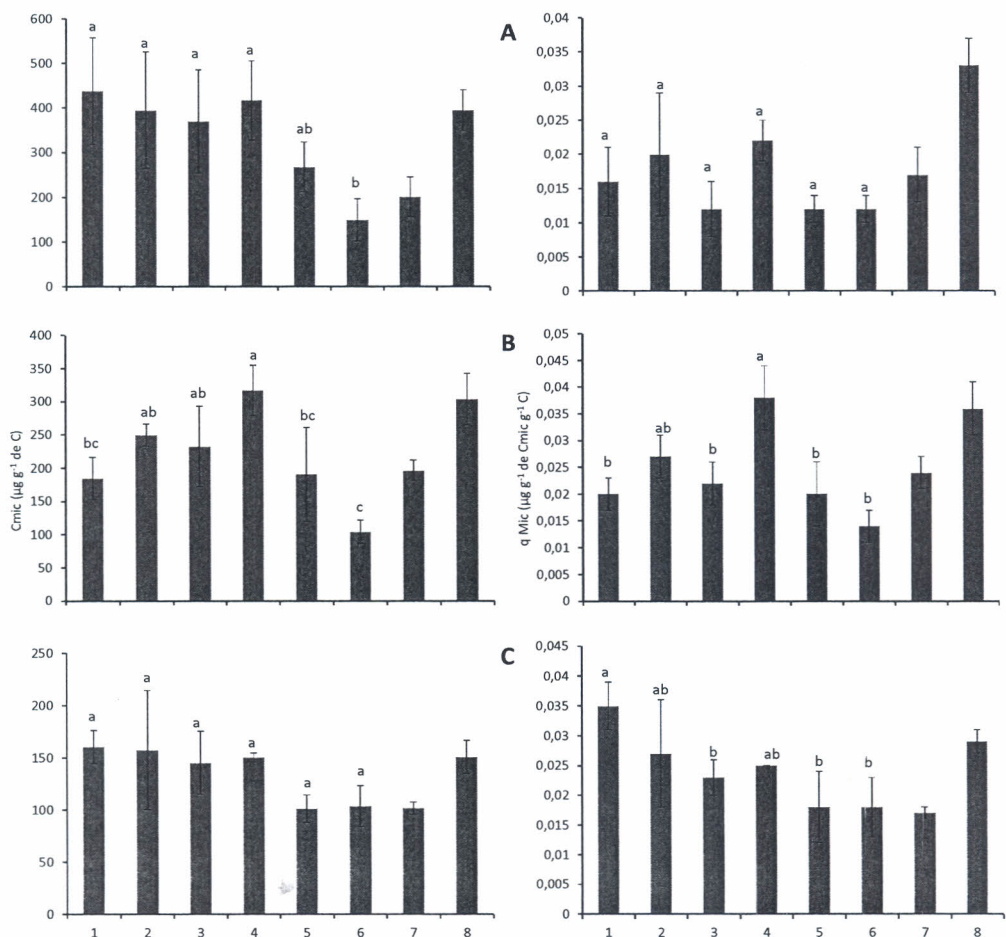
profundidade 5-10 cm e 13,9 e 18,3 % na profundidade 10-20 cm. Nas áreas de referência, os maiores valores foram obtidos na CAA, acima de 30,0 % em todas as profundidades, valor significativamente maior que dos demais tratamentos.

Já a relação FAF/COT ficou entre 6,8 e 21,3% na profundidade 0-5 cm, 13,8 e 34,7 % na profundidade 5-10 cm e 12,3 e 32,0 % na profundidade 10-20 cm. Os maiores percentuais da FAF em relação ao COT foram obtidas com a aplicação do composto 1, significativamente maiores que os demais tratamentos em todas as profundidades. Não houve diferenças para esta relação entre os tratamentos com composto e as áreas de referências, sendo os valores obtidos para CAA maiores que SMC.

Embora os compostos tenham proporcionado aumento da MOS na área de mangueira manejada em cultivo orgânico, a proporção da FAH não superou a FAF nesta condição. Já na área CAA houve maior proporção de FAH em relação à FAF, demonstrando que um menor revolvimento do solo proporciona condições que favorecem o aumento de FAH em relação a FAF, como já verificado anteriormente, quando foi observada a relação FAH/FAF na área CAA comparada com as demais áreas. Assis et al. (2006) observaram que com o aumento da MOS foi obtida maior proporção da FAH em comparação com a FAF em sistema de plantio direto.

4.4. Biomassa e atividade microbiana

Os maiores valores de carbono da biomassa microbiana (Cmic) e de respiração basal (RB) foram encontrados na camada superficial do solo (0-5 cm), decrescendo com o aumento da profundidade. Os valores de Cmic foram maiores nos tratamentos com os compostos orgânicos 1, 2, 3 e 4 na profundidade, 0-5 e o composto 4 na profundidade 5-10 cm, diferenciando-se estatisticamente do tratamento testemunha (Figura 5).



1: Composto 1; 2: Composto 2; 3: Composto 3; 4: Composto 4; 5: Composto 5; 6: Testemunha; 7: área manejada sob sistema convencional; 8: área de Caatinga hiperxerófila alterada

Figura 5. Valores de carbono da biomassa (Cmic) e quociente microbiano (qMic) do solo em área experimental com compostos orgânicos e em áreas de referência, nas profundidades 0-5 cm (A), 5-10 cm (B) e 10-20 cm (C) de um ARGISSOLO AMARELO Eutrófico latossólico.

Comparando os valores de Cmic entre os tratamentos da área manejada sob sistema orgânico e as áreas de referência, podemos observar que, na profundidade 0-5 cm, os valores obtidos na área SMC não diferem da testemunha, enquanto da área CAA são superiores ao tratamento testemunha e ao tratamento 5. Na profundidade de 5-10 cm o valor de Cmic da área CAA não difere dos obtidos nos tratamentos 3 e 4, sendo maior que nos demais, enquanto

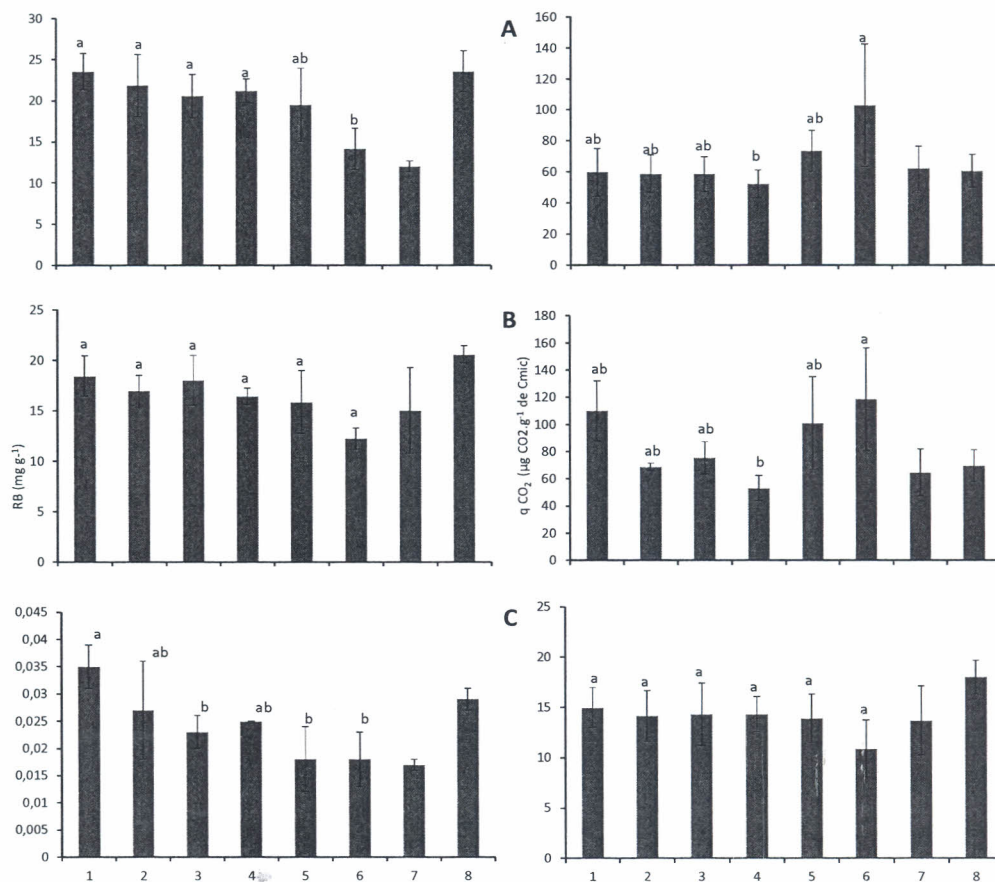
na área SMC o Cmic é maior apenas que do tratamento testemunha. Na profundidade 10-20 cm os valores obtidos na área SMC foram tão baixos quanto os da testemunha e na área CAA foram mais altos, semelhantes aos tratamentos 1, 2, 3 e 4, mas não houve diferença significativa entre os tratamentos com compostos orgânicos. Como os aportes de resíduos nos sistemas que receberam compostos orgânicos foram maiores que o SMC, poder-se-ia estimar que o Cmic provavelmente seria maior no sistema de produção com adubação orgânica. A variação no teor de carbono da biomassa microbiana está relacionada com a matéria orgânica que está presente no solo ou que é adicionada. Apesar de a área CAA apresentar menor teor de COT quando comparada aos tratamentos com uso de composto na camada 0-5 cm (Figura 1) o Cmic da área CAA foi semelhante aos tratamentos com uso dos compostos que tiveram os maiores valores; este comportamento, provavelmente, ocorreu devido a conservação da diversidade e atividade biológica nesta área. Estes resultados podem ser atribuídos ao fato de haver uma grande diversidade microbiana e um grande aporte de matéria orgânica ao solo, que favorece a ação da população microbiana do solo na reciclagem da matéria orgânica e mantém a estabilidade do sistema (Powlson & Jenkinson, 1987).

Considerando que a biomassa microbiana é um constituinte da matéria orgânica do solo, a quantificação da porcentagem de carbono microbiano em relação ao carbono orgânico total, conhecida como quociente microbiano (q_{Mic}), permite acompanhar, de forma mais rápida, as perturbações sofridas pelo desequilíbrio ecológico e variações no total de matéria orgânica ocasionadas pelo manejo do solo, apresentando maior sensibilidade às mudanças que os parâmetros físico-químicos (Cattelan & Vidor, 1990; Alvarez et al., 1995). Contudo, este quociente não apresentou diferença entre os tratamentos com o uso de compostos orgânicos comparado ao tratamento testemunha, na profundidade 0-5 cm. Já nas camadas 5-10 e 10-20 cm é observada diferença significativa, sendo o maior quociente obtido nos tratamentos com o composto 4 na profundidade 5-10 cm e o composto 1 na profundidade 10-20 cm, com valores superiores ao tratamento testemunha (Figura 5). É observado ainda que na profundidade 0-5 cm o q_{Mic} é menor que nas demais profundidades.

Na área de CAA este quociente é superior aos tratamentos com os compostos orgânicos na profundidade 0-5 cm. Na profundidade 5-10 cm

apresenta-se semelhante aos tratamentos 2 e 4, e superior aos demais tratamentos; e na profundidade 10-20 cm os maiores valores foram obtidos nos tratamentos 1 e 2, semelhantes ao CAA, que apresentou valores maiores que os demais tratamentos. O q_{Mic} no SMC não difere dos tratamentos orgânicos na profundidade 0-5 cm, porém é menor que o tratamento 4 e superior ao tratamento testemunha na profundidade 5-10 cm; difere dos tratamentos 1, 2 e 4 na profundidade 10-20 cm, por estes tratamentos apresentarem maiores valores de q_{Mic} e assim, maior eficiência na imobilização do carbono pelos microrganismos.

Com relação à atividade dos microrganismos que atuam na mineralização da MOS, medida pelo CO_2 liberado, verifica-se valores maiores em todos os tratamentos que receberam composto orgânico com relação ao tratamento testemunha na profundidade 0-5 cm e não é observada nenhuma diferença nas profundidades 5-10 e 10-20 cm (Figura 6). Observa-se ainda decréscimo do CO_2 liberado conforme o aumento da profundidade. Os maiores valores da produção acumulada de CO_2 , observados na profundidade de 0-5 cm, estão associados à maior disponibilidade de substrato e de nutrientes (Passos, 2000) para os microrganismos nesta profundidade.



1: Composto 1; 2: Composto 2; 3: Composto 3; 4: Composto 4; 5: Composto 5; 6: Testemunha; 7: área manejada sob sistema convencional; 8: área de Caatinga hiperxerófila alterada

Figura 6. Valores de respiração basal (RB) e quociente metabólico (qCO₂) do solo em área experimental com compostos orgânicos e em áreas de referência, nas profundidades 0-5 cm (A), 5-10 cm (B) e 10-20 cm (C) de um ARGISSOLO AMARELO Eutrófico latossólico.

Na profundidade 0-5 cm a evolução do CO₂ apresentou semelhança com a área de CAA quando comparada aos tratamentos onde houve adição dos diferentes compostos orgânicos, estes com os maiores valores. É observada diferença apenas com relação ao tratamento testemunha que apresenta os menores valores. Na profundidade 5-10 cm, a CAA é semelhante aos tratamentos 1 e 3 também com maior evolução do CO₂ e na profundidade 10-20 cm a CAA diferencia-se apenas dos tratamentos 4 e testemunha que apresentam os

menores valores. Estes resultados podem indicar que mesmo apresentando menores teores de COT no ambiente preservado, a atividade microbiológica é tão intensa quanto no ambiente onde houve interferência antrópica pela adição de composto orgânico, uma vez que a decomposição da matéria orgânica é intensa, mas também pode ser um indicativo de áreas com algum tipo de distúrbio ecológico, pois elevados valores de respiração basal podem indicar desequilíbrio no sistema em função de alguma interferência (Tótola & Chaer, 2002). Na área de SMC a evolução do CO_2 na profundidade 0-5 cm foi menor quando comparada aos tratamentos com o uso dos compostos, mas não diferiu do tratamento testemunha. Nas demais profundidades não houve diferença significativa entre os tratamentos com composto orgânico e o SMC. Esses resultados demonstram forte relação entre o aporte de matéria orgânica no sistema de cultivo e a atividade microbiana. No sistema onde há maior aporte de matéria orgânica, o de manejo orgânico com a adição dos diferentes compostos, a atividade microbiana foi maior que no sistema de cultivo com menor aporte de matéria orgânica (SMC).

O qCO_2 indica a eficiência da biomassa microbiana em utilizar o carbono disponível para biossíntese, sendo um sensível indicador para estimar a atividade biológica e a qualidade do substrato (Saviozzi et al., 2002). O qCO_2 do tratamento 4 difere do tratamento testemunha na área manejada sob sistema orgânico, nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm, com valores significativamente maiores para o último. Não é notada diferença significativa na profundidade 10-20 cm (Figura 6). Este comportamento demonstra um maior equilíbrio nos tratamentos com o uso de compostos orgânicos com destaque para o composto 4, já que, em geral, um baixo quociente metabólico indica economia na utilização de energia e, supostamente, reflete um ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio; ao contrário, valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou de distúrbio (Sakamoto & Obo, 1994).

Observa-se o menor qCO_2 na profundidade 0-5 cm em todas as áreas estudadas, porém não é observada diferença quanto aos tratamentos sob manejo orgânico e as áreas de referência. O qCO_2 apresenta diferença significativa apenas na profundidade 5-10 cm quando comparado ao tratamento com o uso do composto 1, por este tratamento apresentar o maior valor. Nas demais

profundidades não são observadas diferenças entre os tratamentos e as áreas de referência (Figura 6).

O uso do qCO_2 como uma medida de indicador de mudanças na qualidade do solo está baseado na teoria sobre a respiração da comunidade descrita por Odum (1985). Esta teoria descreve que o aumento na respiração da comunidade pode ser o primeiro sinal de estresse, uma vez que a reparação dos danos causados por distúrbios no solo requer desvio de energia do crescimento e reprodução para a manutenção celular. Portanto, os menores valores de qCO_2 na camada superior, sugerem maior eficiência na imobilização do carbono microbiano que nas camadas inferiores.

5. CONCLUSÕES

1. Os compostos orgânicos proporcionaram aumento dos teores de carbono, bem como das frações humina e ácidos fúlvicos, principalmente na camada superficial do solo.

2. O uso dos compostos favoreceu uma maior proporção dos componentes de maior peso molecular, o que indica a presença de matéria orgânica de maior estabilidade.

3. A biomassa e atividade dos microorganismos foram maiores nos tratamentos com compostos orgânicos e na área de Caatinga alterada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADANI, F.; GENEVINI, P.; RICCA, G.; TAMBONE, F.; MONTONERI, E. Modification of soil humic matter after 4 years of compost application. *Waste Management*, v. 27: 319-324, 2007

ADU, J.K.; OADES, J.M. Physical factors influencing decomposition of organic materials in soil aggregates. *Soil Biology Biochemistry*, Oxford, v.10, p.109- 115, 1978.

ALEF, K. Estimation of soil respiration. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Ed.). *Methods in soil microbiology and biochemistry*. New York: Academic Press, 1995. p. 464-470.

ALVAREZ, R.; DOAZ, R. A.; BARBERI, N.; SANTANATOGLIA, O. J.; BALOTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from tree tillage systems. *Soil Tillage Research*, Amsterdam, v. 33, p.17-28, 1995.

ALVES, R. Preparo de composto orgânico na pequena propriedade rural. Rio Preto: USP, 2005. 8 p.

ANJOS, J. B.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, M. S. L. da. Métodos de captación de água de lluvia in situ e irrigación. In.: FAO. *Manual de práticas integradas de manejo y conservación de suelos*. Roma, 2000. cap. 15, p. 139-150. (FAO. Boletín de Tierras y Águas, 8).

ANUÁRIO brasileiro da fruticultura 2010. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2010. 128 p.

ANTUNES, L. O. Estoque e labilidade da matéria orgânica em um Argissolo sob sistemas de produção de eucalipto. 2007. 82 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

ANTUNES, R. M. Substâncias húmicas originadas de resíduos sólidos agroindustriais compostados. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

AMELUNG, W.; FLACH, K.W.; ZECH, W. Climatic effects on soil organic matter composition in the Great plains. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.61, p.115-123, 1997.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Microbial biomass and activity in a Brazilian soil plus untreated and composted textile sludge. *Chemosphere*, Oxford, v. 64, p.1043-1046, 2004.

ARAÚJO, A. S. F. de; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Uberlândia. Bioscience Journal*, Uberlândia, v 23, n. 3. p. 66-75, 2007.

ASSIS, C. P.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. de S.; NEVES, J. C. L. Carbono e nitrogênio em agregados de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, p 1541-1550, 2006.

BASTOS, C. S. Sistemas de adubação em cultivo de milho exclusivo e consorciado com feijão, afetando a produção, estado nutricional e incidência de insetos fitófagos e inimigos naturais. 1999. 117 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELKNIZUK, J.; 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, 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-26.

BAYER, C. Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos. 1996. 240 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

BEARE, M.H.; CABRERA, M.L.; HENDRIX, P.F.; COLEMAN, D.C. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional and no-tillage soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.58, p.787-795, 1994.

BERNAL, M. P.; PAREDES, C.; SANCHEZ-MONEDERO, M. A.; CEGARRA, J. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology*, Essex, v. 63, p. 91 - 99, 1998.

BROOKES, P. C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v.19, p. 261-279, 1995.

BROOKES, P. C. The soil microbial biomass: concept, measurements and applications in soil ecosystem research. *Microbes and Environment*, v.16, p.131-140, 2001.

CANELAS, L. P. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, A. G. de. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 19-26.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RUMJANEK, V. M.; MORAES, A. A.; 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.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.14, n.2, p. 133-142, 1990.

CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; BASSO, C.J.; BARCELLOS, L. A. R.; VIEIRA, F. C. B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.38, p.729-735, 2003.

CHRISTENSEN, B.T. Carbon in primary and secondary organomineral complexes. In: CARTER, M. R.; STEWART, B. A. (Ed.) *Structure and organic matter storage in agricultural soils*. Boca Raton: CRC Press, 1996. p.97-165.

CONCEIÇÃO, G. C.; PEREIRA, C. A.; SILVA, J. R.; BORGES, E. M.; LIMA, H. M. T.; BASTOS, D. C.; GIONGO, V.; GAVA, C. A. T. Atividade microbiana do solo em diferentes sistemas de cultivo de manga no Vale do São Francisco. In: *JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO*, 6., 2011, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. p. 277-285. (Embrapa Semiárido. Documentos, 238)

CONTEH, A.; BLAIR, G. J. The distribution and relative losses of soil organic carbon fractions in aggregate size fractions from cracking clay soils (vertisols) under cotton production. *Australian Journal of Soil Research*, Victoria, v. 36, p. 257-271, 1998.

CORNEJO, J.; HERMOSÍN, M. C. Interaction of Humic Substances and Soil Clays. In: PICCOLO, A. (Ed.) *Humic substances in terrestrial ecosystems*. Amsterdam: Elsevier, 1996. p.595-624.

CORREIA, R. M. Avaliação de atributos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado do Vale do Rio São Francisco. 2007. 134 f. Tese (Doutorado em Ciência do solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CUNHA, T. J. F.; CANELLAS, L. P.; SANTOS, G de A.; RIBEIRO, L. P. Fracionamento da matéria orgânica humificada de solos brasileiros. In: CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. de A. (Ed.). *Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas*. Campos dos Goytacazes: Ed. do Autor, 2005. cap. 3, p. 54-80.

CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. de M.; CANELLAS, L. P.; NOVOTNY, E. H.; MOUTTA, R. de O.; TROMPOWSKY, P. M.; SANTOS, G. de A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte a antrópico da Amazônia (Terra Preta). *Acta Amazonica*, Manaus, v.37, n.1, p. 91-98, 2007.

DABIN, B. *Análise de compostos húmicos dos solos*. [S.l.: s.n.], 1991. Np.

DEGROOD, S. H.; CLAASSEN, V. P.; SCOW, K. M. Microbial community composition on native and drastically disturbed serpentine soils. *Soil Biology Biochemistry*, Oxford, v. 37, p. 1427-1435, 2005.

DIECKOW, J.; MARTIN NETO, L.; MILORI, D. M. B. P.; CONCEIÇÃO, P. C.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. *Sistemas de preparo do solo e características espectroscópicas da matéria orgânica em ambientes tropicais e subtropicais brasileiros*. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2005. 16 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 12).

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

DUCHAUFOR, P. *Pedologie: pédogenèse et classification*. Paris: Orstom, 1977. 478 p.

DUXBURY, J.M.; SMITH, M.S.; DORAN, J.M. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. Honolulu: University of Hawaii, 1989. p.33-67.

EDWARDS, A.P.; BREMNER, J.M. Microaggregates in soils. *Journal of Soil Science*, London, v.18, n.1, p.64-73, 1967.

ELLIOTT, E.T. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorous in native and cultivated soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.50, p.627-633, 1986.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual e métodos de análise de solo. 2ª ed. Rio de Janeiro:, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FARIA, C. M. B. de; SILVA, M. S. L. da; SILVA, D. J. Alterações em características de solos do Submédio São Francisco sob diferentes sistemas de cultivo. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. 36 p. (Embrapa Semi-Árido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 74).

FELLER, C.; BEARE, M.H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma*, Amsterdam, v.79, n.1/4, p.69-116, 1997.

FERREIRA, L.M. As interações entre a fração mineral e a fração orgânica em solos da região de Bauru-SP. 1997. 217 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

FRANCOU, C.; POITRENAUD, M.; HOUOT, S. Stabilization of organic matter during composting: influence of process and feedstocks. *Compost Science and Utilization*, Emmaus, v.13, 72-83, 2005.

FREITAS, N. de O.; MELO, A. M. Y.; SILVA, F. S. B.; MELO, N. F. de; MAIA, L. C. Soil biochemistry and microbial activity in vineyards under conventional and organic management at Northeast Brazil. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 68, p. 223-229, 2011.

GALVÃO, J. C. C. Adubação orgânica na cultura do milho. In: ENCONTRO MINEIRO SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE HORTALIÇAS, 1., 1998, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: UFV, 1998. p. 36-37.

GARCIA-GOMEZ, A.; BERNAL. M. P.; ROIG, A. Organic matter fractions involved in degradation and humification processes during composting. *Compost Science and Utilization*, Emmaus, v. 13, p. 127-135, 2005.

GIL-SOTRES, F.; TRASAR-CEPEDA, C.; LEIRÓS, M. C.; SEOANE, S. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biology Biochemistry*, Oxford, v. 37, p. 877-887, 2005.

GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREALL, C. M.; ELLERT, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic-matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v. 74, n. 4, p. 367-385, 1994.

GRISI, B. M. Método químico de medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 82-88, 1978.

GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CAMARGO, F. A. O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, A. G. de. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 19-26.

GUGGENBERGER, G.; ZECH, W.; THOMAS, R. Lignin and carbohydrate alteration in particle-size separates of an Oxisol under tropical pastures following native savanna. *Soil Biology Biochemistry*, Oxford, v.27, n.12, p.1629-1638, 1995.

HAMMEL, K.E. Fungal degradation of lignin. In.: GADISCH, G.; GILLER, K.E. (Eds.) *Driven by nature: plant litter quality and decomposition*. Wallingford: CAB International, 1997. p.33-45.

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.

IGUE, K.; PAVAN, M. A. Uso eficiente de adubos orgânicos In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: EMBRAPA-DEP, 1984. p. 383-418. (EMBRAPA-DEP. Documentos, 14).

JACKSON, L. E.; CALDERON, F. J.; STEENWERTH, K. L.; SCOW, K. M.; ROLSTON, D. E. Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality. *Geoderma*, Amsterdam, v. 114, p. 305-317, 2003.

JODICE, R. Parametri chimici e biologici per la valutazione della qualita del compost. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM COMPOST PRODUCTION AND USE, 1989, S.Michelle all'Adige. Proceedings... S. Michelle all'Adige: Instituto Agrario, 1989. p. 363-384.

JUMA, N. G. Interrelationships between soil structure/texture, soil biota/soil organic matter and crop production. *Geoderma*, Amsterdam, v.57, p.3-30, 1993.

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

KIEHL, E. J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba, 1998. 171 p.

KONONOVA, M. M. Materia orgánica del suelo; su natureza, propiedades y métodos de investigación. Barcelona: Oikos-tau, 1982. 365 p.

LAL, R.; FOLLETT, R. F.; KIMBLE, J.; COLE, C. V. Managing US cropland to sequester carbon in soil. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, v. 54, n. 1, p. 374-381, 1999.

LAL, R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. *Environmental Pollution*, Essex, v. 116, p. 353–362, 2002.

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. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, p.821-832, 2003.

LI, X.; FISK, M. C.; FAHEY, T. J.; BOHLEN, P. J. Influence of earthworm invasion on soil microbial biomass and activity in a northern-hardwood forest. *Soil Biology Biochemistry*, Oxford, v. 34, p. 1929-1937, 2002.

LIMA, H.N. Gênese, química e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental. 176 f. 2001. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa-MG.

LIMA, C. C. de. Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral. 2006. 167 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LONGO, R. M.; ESPÍNDOLA, C. R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens (*Brachiaria* sp.) em áreas de Cerrado e Floresta Amazônica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, p. 723-729, 2000.

MAIA, C. E.; CANTARUTTI, R. B. Acumulação de nitrogênio e carbono no solo pela adubação orgânica e mineral contínua do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 8, p. 39-44, 2004.

MAIA, C. E. Reserva e disponibilidade de nitrogênio pela adição continuada da adubação orgânica e da mineral na cultura do milho em Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico. 1999. 55 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MARCHIORI JUNIOR, M.; MELO, W. J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 257-263, 1999.

MARTIN, J.P.; HAIDER, K. Influence of mineral colloids on turnover rates of soil organic carbon. In: HUANG, P.M.; SCHNITZER, M. (Ed.) *Interactions of Soils Minerals with Natural Organics and Microbes*. Madison: Soil Science Society of America, 1986. p.283-304. (Special Publication, 17)

MENDONÇA, E.S. de.; MATOS, E.S. da. (Ed). *Matéria orgânica do solo: métodos de análise*. Viçosa: UFV, 2005. 107 p.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. M. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MIELNICZUK, J. *Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas*. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 1-5.

MIELNICZUK, J. *Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas*. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, 1999. Cap. 2. p. 1-8.

MIYASAKA, S.; CAMARGO, O. A.; CAVALERI, P. A. *Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo*. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 138 p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p. il.

MUNEER, M.; OADES, J.M. The role of Ca-organic interactions in soil aggregate stability. III. Mechanisms and models. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, v.2, p.411-423, 1989.

MUMMEY, D. L.; STAHL, P. D.; BUYER, J. S. Microbial biomarkers as an indicator of ecosystem recovery following surface mine reclamation. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v. 21, p. 251-259, 2002.

NIEROP, K. Origin and fate of organic matter in sandy soils along a primary vegetation succession. 1999. 160f. Tese (Hoogleraar in de Bodedemvorming en Ecopedologie) - Universitair Hoofddocent, Veenendaal, 1999.

ODUM, E. P. Trends expected in stressed ecosystems. *Bioscience*, Washington, DC, v. 35, p. 419-422, 1985.

OLIVEIRA, L. B. de.; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, M. G. da.; LIMA, J. F. W. F. de. Inferências pedológicas aplicadas ao perímetro irrigado de Custódia, PE. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 37, n. 10, p. 1477-1486, out. 2002.

PASSOS, R. R. Carbono orgânico e nitrogênio em agregados de um Latossolo Vermelho distrófico sob duas coberturas vegetais. 2000. 89 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PASSOS, R. R.; RUIZ, H. A.; CANTARUTTI, R. B.; MENDONÇA, E. S. Carbono orgânico e nitrogênio em agregados de um Latossolo Vermelho distrófico sob duas coberturas vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 31, p. 1109-1118, 2007.

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

PARTON, W.J.; SCHIMEL, D.S.; COLE, C.V.; OJIMA, D.S. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in great plains grasslands. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.51, p.1173-1179, 1987

PIZAURO JUNIOR, J. M.; MELO, W. J. Influência da incorporação da parte aérea de sorgo ou lablabe nas frações da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho Escuro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 19, p. 95-103, 1995.

POWLSON, D. S.; JENKINSON, D. S. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biology Biochemistry*, Oxford, v.19, p.159-64, 1987.

PRESTON, C.M.; NEWMAN, R.H.; ROTHER, P. Using C CPMAS NMR to assess effects of cultivation on the organic matter of particle size fractions in agrassland soil. *Soil Science*, Baltimore, v.157, n.1, p.26-35, 1994.

ROCHA, G.N.; GONÇALVES, J.L.M.; MOURA, I.M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com bio sólido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, p. 623-639, 2004.

SANTOS, V. B. Matéria orgânica e biomassa microbiana de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. 2003. 57 f. Dissertação (Mestrado em Solos). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SAKAMOTO, K.; OBO, Y. Effects of fungal to bacterial ratio on the relationship between CO₂ evolution and total soil microbial biomass. *Biology Fertility of Soils*, Berlin, v.17, p. 39-44, 1994.

SAVIOZZI, A.; BUFALINO, P.; LEVI-MINZI, R.; RIFFALD, R. Biochemical activities in a degraded soil restored by two amendments: a laboratory study. *Biology Fertility of Soils*, Berlin, v. 35, p. 96-101, 2002.

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, M. A. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, Campina Grande, v. 5, n. 1, 2004.

SHARMA, V. K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA, C. Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic composting: review. *Energy Conversion and Management*, Oxford, v. 38, p. 453-478, 1997.

SCHNITZER, M. Binding of Humic Substances by Soil Mineral Colloids. In: HUANG, P.M.; SCHNITZER, M. Interactions of soils minerals with natural organics and microbes. Madison: Soil Science Society of America, 1986. p.77-100. (Special Publication, 17)

SCHOLES, R. J.; BREEMEN, N. van. The effects of global change on tropical ecosystems. *Geoderma*, Amsterdam, v.79, n.1/4, p.9-24, 1997.

SIMONETE, M. A. Alterações nas propriedades químicas de um Argissolo adubado com lodo de esgoto e desenvolvimento e acúmulo de nutrientes em plantas de milho. 2001. 89 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

SILVA, E. C.; GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; ARAÚJO, G. A. A. Produtividade do milho após 13 anos de aplicações contínuas de adubações orgânica e mineral. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., 1998, Viçosa, MG. Resumos... Viçosa, MG, UFV, 1998.

SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. de O.; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. Fundamentos da química do solo. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 63-90.

SILVA, M. S. L. da; FERREIRA, G. B.; MENDES, A. M. S.; GOMES, T. C. de A.; OLIVEIRA NETO, M. B.; SANTOS, J. C. P.; CUNHA, T. J. F. Coquetéis vegetais para manejo de solo em sistemas irrigados de cultivo orgânico de manga no Submédio São Francisco. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. 11 p. (Embrapa Solos. Circular Técnica, 37).

SILVA, R. I. da; MENDONÇA, E. S. da. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R.

B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

SILVA, E. E. da; AZEVEDO, P. H. S. de; DE-POLI, H. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO_2). Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 4 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 99).

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

SOUZA, J. L. de; PREZOTTI, L. C. Estudo de solos em função de diversos sistemas de adubação orgânica e mineral, *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 16, p.30, 1997. Suplemento 1.

SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, p.885- 896, 2000.

SPAGNOLLO, E. Dinâmica da matéria orgânica em agroecossistemas submetidos a queima e manejos dos resíduos culturais. 2004. 210 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

STEVENSON, F. J. *Humus chemistry*. New York, John Wiley, 1994. 496 p.

STOTZKY, G. Influence of soil mineral colloids on metabolic process, growth, adhesion, and ecology of microbes and viruses. In: HUANG, P.M.; SCHNITZER, M. Interactions of soils minerals with natural organics and microbes. Madison: Soil Science Society of America, 1986. p.305-428. (Special Publication, 17)

SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: SPARKS, O. L. (Ed.). Methods of soil analysis: chemical methods. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.1011-1020

TAHIR, B. A.; AHMED, D. M.; ARDO, J.; GAAFAR, A. M.; SALIH, A. A. Changes in soil properties following conversion of Acacia Senegal plantation to other land management systems in North Kordofan State, Sudan. *Journal of Arid Environments*, London, v. 73, p. 499-505, 2009.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, G.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEIS, S. I. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

TEDESCO, M.J.; SELBACH, P.A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F.A.O. Resíduos orgânicos no solo e impactos no ambiente. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Porto Alegre: Gênese, 1999. cap. 9, p.159-192.

TIBAU, A. O. Matéria orgânica e fertilidade do solo. 2. ed., São Paulo: Nobel, 1983. 220 p.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: VENEGAS, V. H. A. (Ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2, p.195-276.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 19, p.1467-1476, 1988.

WERSHAW, R.L.; LEENHEER, A.; KENNEDY, K.R.; NOYES, T.I. Use of ^{13}C NMR and FTIR for elucidation of degradation pathways during natural litter decomposition and composting I. Early stage leaf degradation. *Soil Science*, Baltimore, v.161, n.10, p.667-679, 1996.