

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

GABRIEL PINTO GUIMARÃES

**IMPACTOS DE SISTEMAS DE MANEJO DO CAFEIEIRO SOBRE
A MATÉRIA ORGÂNICA E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NO
TERRITÓRIO DO CAPARAÓ-ES**

**ALEGRE, ES
2012**

GABRIEL PINTO GUIMARÃES

**IMPACTOS DE SISTEMAS DE MANEJO DO CAFEIRO SOBRE
A MATÉRIA ORGÂNICA E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NO
TERRITÓRIO DO CAPARAÓ-ES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Sá Mendonça.

**ALEGRE, ES
2012**

Guimarães, Gabriel Pinto, 1985-

- G963i Impactos de sistemas de manejo do cafeeiro sobre a matéria orgânica e atributos físicos do solo no Território do Caparaó – ES / Gabriel Pinto Guimarães. – 2012.
94f. : il.

Orientador: Eduardo de Sá Mendonça.

Coorientadores: Renato Ribeiro Passos; Felipe Vaz Andrade.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Cafeeiro–Caparaó – Espírito Santo (Estado). 2.Física do solo. 3. Solos – Carbono. 4. Solos – Teor de nitrogênio.I. Mendonça, Eduardo de Sá. II.Passos, Renato Ribeiro. III. Andrade, Felipe Vaz. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

GABRIEL PINTO GUIMARÃES

**IMPACTOS DE SISTEMAS DE MANEJO DO CAFEIEIRO SOBRE
A MATÉRIA ORGÂNICA E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NO
TERRITÓRIO DO CAPARAÓ-ES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 12 de julho de 2012.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo de Sá Mendonça
Centro de Ciências Agrárias – UFES
(Orientador)

Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos
Centro de Ciências Agrárias – UFES
(Coorientador)

Prof. Dr. Diego Lang Burak
Centro de Ciências Agrárias – UFES

Prof. Dr. Otacílio José Passos Rangel
Instituto Federal de Educação do Espírito Santo – IFES

Agradecimentos

Agradeço a Deus e Nossa Senhora Aparecida que me deram força, coragem, responsabilidade e determinação para conseguir realizar este trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo – FAPES, pela concessão de bolsa de Pós-Graduação.

Ao Centro de Ciências Agrárias da UFES (CCA/UFES), pela oportunidade de estudo, a disponibilização de veículo para a coleta de solo.

Aos motoristas e funcionários CCA/UFES.

À equipe do laboratório de solos do CCA/UFES, pelo apoio na realização das análises de solo.

Ao laboratório de física do solo do NEDTEC e aos responsáveis do laboratório Luiz e Alexsandro que auxiliaram parte das análises físicas do presente trabalho.

Ao Prof. Dr. Eduardo de Sá Mendonça, professor do Departamento de Produção Vegetal do CCA/UFES, pelas orientações, ensinamentos, ajuda no campo, confiança e amizade.

Aos professores Dr. Renato Ribeiro Passos pela coorientação durante o desenvolvimento do trabalho, Dr. Felipe Vaz Andrade pela ajuda na estatística do trabalho e informações para melhor desenvolvimento da pesquisa, Dr. Diego Lang Burak e Dr. Otacílio José Passos Rangel membros da banca da defesa.

Ao professor Dr. Haloycio Miguel de Siqueira pelas informações transmitidas da presença de propriedades sob manejo orgânico no Território do Caparaó.

Aos professores do Departamento de Produção Vegetal, pelos ensinamentos transmitidos ao longo das disciplinas.

Aos amigos Paulo Roberto, Paulo Enrique, Walas, Victor, Amilton e Jocelina pela ajuda nos trabalhos de campo e contribuição com sugestões durante mestrado.

Aos agricultores senhor Celito Barbosa e senhor Roberto e suas famílias pela disponibilização da área de estudo e fornecimento da alimentação durante os trabalhos de campo.

À minha esposa Elissane e minha filha Ellen por todos os ensinamentos de vida, amizade e companheirismo.

Aos meus pais, Guilherme e Marta, pelo enorme carinho e apoio incondicional.

Aos meus irmãos Felipe e Ana Luisa, pelo grande apoio e força nos estudos.

Às amigas que fiz no período do mestrado, em especial ao Paulo Roberto (Paulinho), Victor, Paulo Henrique (PH), Lucas Pilon, Acácio, Ramires, Walas, Antônio, Arieli, Ana Cláudia, Erika e Jocelina, pelo companheirismo, apoio e amizade.

LISTA DE FIGURAS

| CAPÍTULO 1 | Página |
|---|---------------|
| Figura 1 - Localização e composição do Território do Caparaó-ES..... | 1 |
| Figura 2 - Distribuição da precipitação no ano de 2011..... | 5 |
| Figura 3 - Distribuição da temperatura e umidade no ano de 2011..... | 5 |
| Figura 4 - Esquema da coleta do solo na propriedade 1 e 2..... | 10 |
| CAPÍTULO 3 | |
| Figura 1 - Porcentagem de agregados do solo referentes à propriedade 1..... | 67 |
| Figura 2 - Resistência a penetração do solo na propriedade 1..... | 67 |
| Figura 3 - Porcentagem de agregados do solo referentes à propriedade 2..... | 74 |
| Figura 4 - Resistência a penetração do solo na propriedade 2..... | 75 |

LISTA DE TABELAS

| CAPÍTULO 1 | Página |
|---|---------------|
| Tabela 1 - Caracterização dos sistemas de cultivo..... | 10 |
| Tabela 2 - Características físicas e químicas do solo..... | 11 |
| CAPÍTULO 2 | |
| Tabela 1 - Contrastes ortogonais..... | 23 |
| Tabela 2 - Teores e estoques de C e N e substâncias húmicas da propriedade 1..... | 25 |
| Tabela 3 - Teores e estoques acumulado de C e N da propriedade 1..... | 26 |
| Tabela 4 - CBM, MOL e carbono oxidável da propriedade1..... | 27 |
| Tabela 5 - Teores e estoques de C e N e substâncias húmicas da propriedade 2..... | 30 |
| Tabela 6 - Teores e estoques acumulado de C e N da propriedade 2..... | 32 |
| Tabela 7 - CBM, MOL e carbono oxidável da propriedade 2..... | 35 |
| Tabela 8 - Umidade das amostras quando se avaliou o CBM..... | 47 |
| CAPÍTULO 3 | |
| Tabela 1 - Contrastes ortogonais..... | 62 |
| Tabela 2 - Textura, ADA, GF, Ds, Dp e porosidade da propriedade1..... | 65 |
| Tabela 3 - Agregação do solo, DMP e DMG da propriedade 1..... | 66 |
| Tabela 4 – Umidade do solo da propriedade1quando se realizou a RP..... | 68 |
| Tabela 5 - Textura, ADA, GF, Ds, Dp e porosidade da propriedade 2..... | 69 |
| Tabela 6 - Agregação do solo, DMP e DMG da propriedade 2..... | 72 |
| Tabela 7 – Umidade do solo da propriedade 2 quando se realizou a RP..... | 75 |

Sumário

Página

CAPÍTULO 1: IMPACTOS DE SISTEMAS DE MANEJO DO CAFEIEIRO SOBRE A MATÉRIA ORGÂNICA E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NO TERRITÓRIO DO CAPARAÓ-ES

| | |
|--|-----|
| Resumo..... | i |
| Abstract..... | iii |
| 1- Introdução geral..... | 1 |
| 2- Caracterização das áreas de estudo e do material de solo..... | 5 |
| 2.1- Localização e caracterização das áreas..... | 5 |
| 2.2- Amostragem do solo..... | 8 |
| 3- Referências bibliográficas..... | 12 |

CAPÍTULO 2: COMPARTIMENTOS E ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO EM LATOSSOLO CULTIVADO COM CAFEIEIRO ORGÂNICO E CONVENCIONAL.....

| | |
|------------------------------------|----|
| Resumo..... | 14 |
| Abstract..... | 15 |
| 1-Introdução..... | 16 |
| 2- Material e métodos..... | 19 |
| 3- Resultados..... | 24 |
| 3.1- Propriedade 1..... | 24 |
| 3.1- Propriedade 2..... | 28 |
| 4- Discussão..... | 38 |
| 5- Conclusões | 50 |
| 6- Referências bibliográficas..... | 51 |

CAPÍTULO 3: ATRIBUTOS FÍSICOS DE LATOSSOLOS CULTIVADOS COM CAFEIROS SOB MANEJO ORGÂNICO E CONVENCIONAL.....

| | |
|----------------------------|----|
| Resumo..... | 56 |
| Abstract..... | 57 |
| 1- Introdução geral..... | 58 |
| 2- Material e métodos..... | 60 |
| 3- Resultados..... | 64 |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 3.1- Propriedade 1..... | 64 |
| 3.1- Propriedade 2..... | 68 |
| 4- Discussão..... | 76 |
| 5- Conclusões | 82 |
| 6- Referências bibliográficas..... | 83 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 86 |

RESUMO GERAL

Impactos de sistemas de manejo do cafeeiro sobre a matéria orgânica e atributos físicos do solo no Território do Caparaó-ES

Pesquisas avaliando o impacto de diferentes sistemas de manejo do cafeeiro são essenciais para determinação da qualidade química e física do solo. Partindo da hipótese que o maior aporte de matéria orgânica melhora a qualidade química e física do solo, a presente pesquisa teve por objetivo avaliar o impacto de sistemas de produção de cafeeiro orgânico e orgânico arborizado nas diferentes frações da MOS, estoques de COT e NT e atributos físicos em dois Latossolo Vermelho- Amarelo Distrófico argiloso do Território do Caparaó- Espírito Santo. Na propriedade 1, localizada no distrito de Santa Clara, município de Lúna, foram avaliados os seguintes sistemas: mata primária (MP1), café orgânico (ORG1) e café convencional (CON1). A propriedade 2, localizada no município Irupi, os sistemas avaliados foram: mata secundária (MS2), café orgânico consorciado com ingá (ORG/IN2), café orgânico consorciado com ingá e leucena (ORG/IN/LE2), café orgânico consorciado com cedro (ORG/CED2) e café convencional (CON2). As amostras de solo foram coletadas na projeção da copa nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm. O COT e estoque de C refletiram o histórico de manejo em relação às áreas de mata, com maior impacto na camada 0-10 cm. Nesta profundidade, para a propriedade 1, as reduções no COT em relação a mata primária foram de 34 e 55 % respectivamente para cafeeiro orgânico e cafeeiro convencional, para a propriedade 2, as reduções no COT em relação a mata secundária foram de 23% para cafeeiros orgânicos consorciados e 35% para cafeeiro convencional. No entanto, os manejos orgânicos aumentaram em 45 % na propriedade 1 e 35% na propriedade 2 o teor de COT em relação ao cafeeiro convencional na camada 0-10 cm. Para o NT, as reduções médias em relação à mata primária foram de 45 e 55 % respectivamente para cafeeiro orgânico e cafeeiro convencional na profundidade 0-10 cm. Na propriedade 2, não ocorreu diferença entre sistemas cafeeiros e mata, no entanto, os sistemas orgânicos apresentaram teores e estoques superiores que o cafeeiro convencional em todas as profundidades, sendo de 51% o aumento do teor de NT na camada 0-10 cm. Os estoques de C acumulado foram reduzidos nos sistemas cafeeiros

em 28,6% e 17,4 % respectivamente em relação às matas primária e secundária. Os estoques de N tenderam a acompanhar os estoques de C na propriedade 1, no entanto, os consórcios com cafeeiros orgânicos apresentaram estoques de N próximos ao da mata secundária e superiores que o cafeeiro convencional. O manejo do café acarretou redução nos diferentes compartimentos de C estudados. As áreas de mata apresentaram melhor qualidade física do solo em relação aos sistemas cafeeiros, no entanto os sistemas orgânicos apresentaram melhoria na qualidade física do solo em relação ao manejo convencional, refletido pelos maiores valores de grau de flocculação, agregação, umidade e menor resistência do solo à penetração.

Palavras-chave: matéria orgânica do solo, estoque de C, estoque de N, atributos físicos

GENERAL ABSTRACT

Impacts of coffee management systems on organic matter and physical attributes of soil in the Territory Caparaó-ES

Research assessing the impact of different management systems of coffee is essential to determine the chemical and physical characteristics of the soil. Starting from the hypothesis that the major input of organic matter improves the physical and chemical quality of soil, the present study was to evaluate the impact of production systems for organic coffee and organic planted with trees in the different fractions of SOM, TOC stocks and NT and physical attributes in two clayey, dystrophic Red-Yellow Latosol (Oxisol) belonging to the Territory to the Carapaó- ES, Brazil. In property 1, located in a district of Santa Clara, city of Iúna-ES, evaluated the following systems: primary forest (MP1), organic coffee (ORG1) and conventional coffee (CON1). The property 2, located in the city Irupi-ES, the systems evaluated were: secondary forest (MS2), intercropping with organic coffee and inga (ORG/IN2), intercropping with organic coffee and leucaena and inga (ORG/IN/LE2), intercropping with organic coffee and cedar (ORG/CED2) and conventional coffee (CON2). Soil samples were collected in canopy projection depths 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 and 60-100 cm. The TOC and C stocks reflected the history of management in relation to forest areas, with greatest impact in the 0-10 cm. At this depth, for a property 1, the reductions in TOC relative to primary forests were 34 and 55% respectively for organic coffee and conventional coffee, for the property 2, the reductions in TOC compared to secondary forest were 23% for organic coffee intercropping and 35% for conventional coffee. However, the organic managements increased by 45% in the property 1 and 35% in the property 2 the TOC content compared to conventional coffee in the 0-10 cm. For NT, the mean reductions in relation to primary forest were 45 and 55% respectively for organic coffee and conventional coffee at 0-10 cm depth. On the property 2 there was no difference between coffee and forest systems, however, organic systems had higher stocks and levels that the conventional coffee at all depths, with 51% increased level of NT at 0-10 cm. The accumulated C stocks were reduced in coffee systems in 28.6% and 17.4% respectively in relation to primary and secondary forests. The stocks N tended to follow the C stocks in a property 1, however, the organic

coffee consortium with N stocks presented near the forest and higher the conventional coffee. The management of coffee caused a reduction in the different compartments of C studied. The forest areas showed better physical quality of soils in relation to coffee systems, however the organic systems showed improvement in soil physical quality compared to conventional management, reflected by the highest degree of flocculation, aggregation, moisture and lower resistance soil penetration.

Keywords: soil organic matter, the stock of C, N stock, physical attributes

1- INTRODUÇÃO GERAL

Tendo por objetivo reunir municípios com características econômicas, sociais e culturais semelhantes e com a finalidade de juntar forças em busca de seu desenvolvimento, o estado do Espírito Santo (ES) foi dividido em microrregiões. Localizado no sudoeste do estado, o território do Caparaó (TC) é uma microrregião que engloba onze municípios, ocupando uma área de 3.920,7 km², o que corresponde a 8,5% da área estadual (Figura 1).

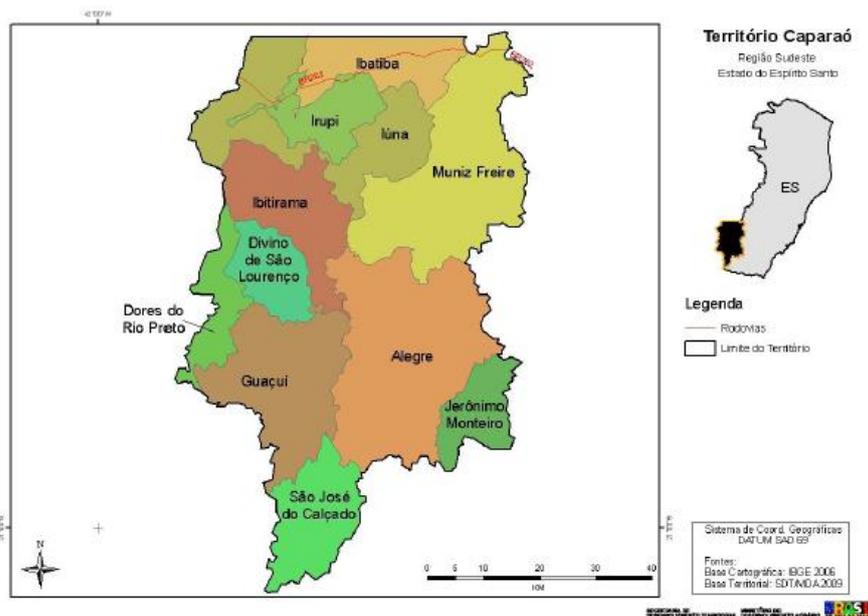


Figura 1- Localização e composição do Território do Caparaó-ES. Fonte: Brasil (2009).

Característica importante do TC refere-se ao meio ambiente que o compõe, onde predominam terras acidentadas com temperaturas frias ou amenas em 82% do espaço territorial, fazendo parte do domínio Mata Atlântica. Ressalta-se também o fato da região estar inserida em três bacias hidrográficas, sendo uma das regiões capixabas de maior potencial hídrico (Espírito Santo, 2008).

Segundo Abipti (2005) a população total do TC era de 163.000 habitantes, o que representava 5 % da população estadual, sendo que 46% da população se encontravam na área rural. De acordo com o IBGE, em 2007, o TC contava com 170.522 habitantes, sendo que a população rural representava 40,4%. Atualmente, a população do TC é de 179.622 habitantes com 37,99% presente

na área rural, evidenciando a ocorrência de êxodo rural na região para as cidades. Em 1970, de acordo com a Agência 21 (2006), a população rural do estado correspondia a 70% da população total.

A estrutura agrária no TC é de base familiar, com 86% das propriedades com dimensão de até 50 hectares, das quais mais da metade possui área abaixo de 10 hectares. Dados da produção da agricultura familiar da região mostram que 57,5 % das propriedades de base familiar contribuem com apenas 12,67 % da produção o que reforça os indícios de um elevado percentual de pobreza e aponta para a necessidade de políticas públicas diferenciadas (Espírito Santo, 2008).

As atividades econômicas agropecuárias que predominam no TC são pecuária leiteira e a cafeicultura, ocupando respectivamente 43 e 19% do solo agrícola. No entanto, a maior parte do valor de produção agropecuária está associada ao café, que é responsável por manter a economia da região chegando a representar 70% da renda agrícola gerada na microrregião (Abipti, 2005).

Em 2007 no TC, foram cultivados 69,9 mil hectares de café em produção, dos quais 69,2 mil hectares (99%) foram cultivados com café arábica, o que representou uma produção de 747 mil sacas beneficiadas e uma produtividade média de apenas 10,8 sacas/ha. A produção de café arábica no TC representou 37,3% do total desse café produzido no Estado do Espírito Santo (Espírito Santo, 2008).

Nas áreas produtoras de café no TC predomina o manejo convencional dos cafeeiros com emprego de adubação química, agrotóxicos, reduzido uso de adubos orgânicos e baixo número de plantas por hectare, com impactos diretos sobre a qualidade do solo e do meio ambiente. Aliado a isto, os desmatamentos que ocorreram nas décadas de 70 e 80 juntamente com a introdução dos pacotes tecnológicos e a falta de assistência técnica adequada trouxeram problemas ambientais de degradação e contaminação do solo e da água que se agravou no TC devido ao relevo acidentado.

Diante desse passivo ambiental, produtores do TC que não concordavam com a forma “convencional” de produzir café, reuniram para discutir a forma mais sustentável de produção. Assim, no ano de 2000, um grupo de agricultores realizou visita a uma comunidade no estado de Minas Gerais para conhecer sistemas alternativos de produção de café e os resultados que aqueles produtores alcançaram.

Dessa forma, no fim de 2000, esses produtores do TC resolveram criar a Associação Capixaba dos Agricultores Orgânicos e Familiares de Iúna e Região do Caparaó (ACAOFI). Esta associação contou no início com mais de 50 agricultores familiares sendo que 21 produtores, após 3 anos de conversão, conseguiram certificação estadual com a empresa Chão Vivo.

O processo de conversão altera o manejo e uso do solo com impactos direto na qualidade do solo, sendo o monitoramento dos atributos físicos, químicos e biológicos uma forma eficiente de avaliar a sustentabilidade agrícola (Carvalho et al., 2004; Araújo & Monteiro, 2007; Glaeser et al., 2010). A matéria orgânica afeta os atributos do solo e contribui de forma benéfica para o estabelecimento vegetal, sendo um eficiente parâmetro para discriminar a qualidade do solo (Conceição et al., 2005).

A adubação orgânica do cafeeiro ocorre em grande parte pela deposição de resíduos vegetais oriundos de espécies arbustivas e/ou arbóreas em arranjo com a cultura principal (sistema agroflorestal). Estes sistemas, por priorizar a biodiversidade e proteção do solo, mantêm a qualidade do solo em situações semelhantes que solos sob vegetação nativa (Mendonça et al., 2001).

As arbóreas consorciadas, grande parte leguminosas, apresentam como vantagens crescimento rápido e sistemas radicular desenvolvido que auxilia tanto da solubilização quanto na absorção e ciclagem de nutrientes (Fernandez et al., 1999; Nascimento et al., 2005; Queiroz et al., 2007). Além disso, as leguminosas consorciadas apresentam relação simbiótica com bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos que estão relacionadas à nutrição por N e P

(Moreira & Siqueira, 2006). Também, devido a diversidades na composição química do material vegetal, o uso de adubos verdes mistos pode configurar uma vantagem na manutenção e/ou recuperação da qualidade do solo (Mendonça e Stott, 2003).

Outro atrativo dos sistemas agroflorestais é a possibilidade de obter rendimento a partir da venda do material lenhoso gerado que é de grande importância principalmente para pequenos produtores. Souza et al. (2010) ressaltam que o menor custo de produção, devido principalmente à redução no uso de fertilizantes, promoveu maior retorno econômico, tendo sido encontrada uma relação custo/benefício de 0,29% para propriedades cafeeiras de base agroflorestal contra 0,55% no sistema a pleno sol.

O manejo orgânico tem grande aceitação por parte de cafeicultores do TC, pois permite aliar técnica, cultura e tradição, além do aumento da renda e da oportunidade de uma alimentação livre de agrotóxicos e conseqüentemente melhoria na qualidade de vida. Além disso, a manutenção da produtividade, preservação do meio ambiente e a recuperação e manutenção da qualidade química física e biológica do solo são requisitos que o manejo orgânico deve atender.

Assim, esta pesquisa teve como hipótese geral: A agricultura orgânica apresenta atributos da qualidade do solo melhores do que a agricultura convencional; e hipótese específica: O aporte de material orgânico na agricultura orgânica melhora as características e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

O objetivo geral do trabalho foi avaliar de forma quantitativa a qualidade do solo cultivado com café orgânico e convencional em duas propriedades do Território do Caparaó e comparar a sustentabilidade dos sistemas. Os objetivos específicos foram quantificar o impacto dos sistemas de manejo do café sobre a matéria orgânica, seus compartimentos e os atributos físicos do solo.

2- CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO E DO MATERIAL DE SOLO

2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS

O estudo foi desenvolvido em duas propriedades em transição agroecológica do TC (Tabela 1). A propriedade 1 localiza-se no distrito de Santa Clara, município de Lúna-ES. A propriedade possui 45 ha sendo 14 ha cultivados com café arábica sob sistema convencional e 1 ha de café arábica orgânico. A propriedade está localizada pelas coordenadas geográficas de 20°24'10,5" S, 41°58'1" W e altitude de 839 m.

Os dados de precipitação (Figura 2) foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) na Estação Meteorológica Automática instalada em Alegre, município também pertencente ao TC.

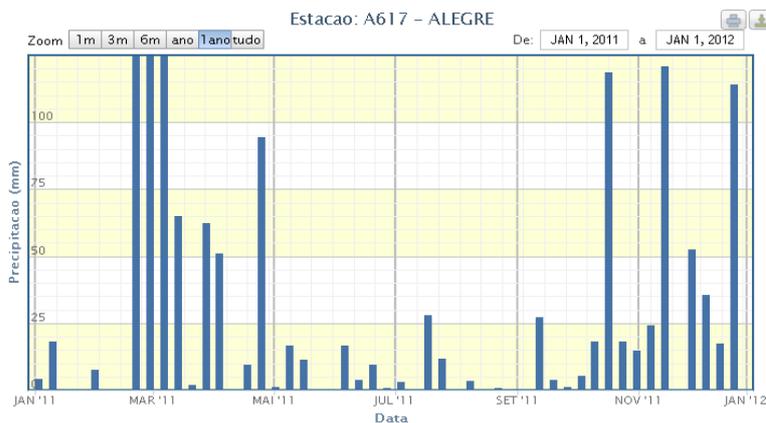


Figura 2- Distribuição da precipitação nos meses de janeiro de 2011 até dezembro de 2011. FONTE: INMET (2012).



Figura 3- Distribuição da temperatura e umidade nos meses de janeiro de 2011 até dezembro de 2011. FONTE: INMET (2012).

Antes da implantação das lavouras cafeeiras na propriedade 1, a área foi ocupada desde 1990 com eucalipto. O plantio do eucalipto ocorreu sem que ocorresse a retirada da *Brachiaria decumbens* que havia ocupado a área por mais de 30 anos.

O talhão do café convencional estudado foi plantado no ano de 2000. Possui área de 1,2 ha, declividade de 33%, espaçamento de 2,6x1 metros com uma planta por cova da variedade Catuai Vermelho com idade da lavoura de 11 anos. Covas com dimensões de 0,4x0,4x0,4 metros foram abertas manualmente e realizada uma adubação com uréia, fosfato natural e cloreto de potássio antes do plantio do cafeeiro. O manejo realizado desde sua implantação constituiu de duas aplicações anuais de formulado N-P-K (20-05-20), super fosfato simples e calcário de dois em dois anos de acordo com análise química do solo, controle de pragas e doenças quando necessário com uso de insumos agroquímicos externos a lavoura, controle de plantas espontâneas com glifosato e roçadeira, colheita do café realizada de forma manual.

A lavoura de café orgânico foi plantada no ano de 2000. Possui área atual de 1 ha, declividade de 17%, espaçamento de 2,8x1 metros, com uma planta por cova da variedade Catuai Vermelho com idade da lavoura de 11 anos. Covas com dimensões de 0,4x0,4x0,4 metros foram abertas manualmente e realizada uma adubação química de plantio do cafeeiro com uréia, fosfato natural e cloreto de potássio. A partir da adubação química de plantio as adubações anuais foram orgânicas e a aplicação de calcário foi realizada de dois em dois anos de acordo com análise química do solo. Entre os anos de 2001 a 2007 a adubação foi realizada via composto orgânico (10 dm³ por cova), ainda em 2007 realizou-se adubação verde com feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) e entre os anos de 2008 a 2011 a adubação foi realizada com esterco de curral curtido (10 dm³ por cova), urina bovina fermentada e palha de café. O controle de plantas espontâneas é feito com roçadeira e enxada, pragas e doenças com produtos registrados pela certificadora estadual e a colheita realizada

manualmente. Ressalta-se que os resíduos vegetais oriundos das capinas, arruação e colheita são retornados para a projeção da copa.

A propriedade 2 localiza-se no município de Irupi- ES, está a 12 km de distância da propriedade 1. A propriedade 2 possui 12,8 ha, sendo 9 ha cultivados com café arábica sob sistema convencional e 2 ha de café arábica sob manejo orgânico. A propriedade está localizada pelas coordenadas geográficas de 20° 21'18" S, 41° 40' 07" W e altitude de 907m.

A implantação das lavouras cafeeiras ocorreu no ano de 1998. Antes do plantio do café, a área havia sido ocupada por outra lavoura de café de aproximadamente 20 anos, porém antes dos cafeeiros, a área havia sido manejada durante mais de 30 anos com pastagem.

O talhão do café convencional estudado foi implantado há 13 anos. Possui área de 2,4 ha, declividade de 16%, espaçamento de 3x2 metros com uma planta por cova da variedade Catuai Vermelho. O manejo realizado desde sua implantação constituiu de calagem que é realizada a cada dois anos, duas aplicações anuais de formulado N-P-K (20-00-20) e super simples de acordo com a análise química do solo. O controle de pragas e doenças é realizado com uso de insumos agroquímico externo a lavoura e calda Viçosa, controle de plantas espontâneas com roçadeira e glifosato aplicado uma vez por ano, e colheita do café realizada de forma manual.

As lavouras de café sob manejo orgânico foram plantadas em 1998 e os talhões possuem declividade de 17%. O espaçamento e cultivar do cafeeiro sob manejo orgânico são os mesmos do talhão sob sistema convencional, ou seja, 3x2 metros e Catuai Vermelho respectivamente. O processo de transição teve duração de três anos sendo finalizado em 2005. A adubação orgânica constituiu de duas aplicações anuais de 8 dm³ por cova de composto orgânico e urina bovina fermentada sendo realizado desde o início da conversão. Em 2006 realizou-se também adubação verde com feijão de porco (*Canavalia ensiformis*).

Na propriedade 2 há três consórcios com o cafeeiro sob manejo orgânico sendo: café orgânico consorciado com ingá (*Inga sessilis*), café orgânico consorciado com ingá (*Inga sessilis*) e leucena (*Leucena leucocephala*) e café consorciado com cedro australiano (*Toona ciliata*). O plantio das espécies consorciadas ocorreu nas entrelinhas do cafeeiro sendo o ingá plantado no ano de 2007 e com espaçamento de 5x5 metros (400 árvores/ ha); a leucena plantada em 2006 com espaçamento 5x5 metros (400 árvores/ ha); e o cedro plantado em 2005 com espaçamento 3x5 metros (667 árvores/ ha).

O manejo das plantas espontâneas é feito com roçadeira e enxada, pragas e doenças com produtos registrados pela certificadora estadual e calda Viçosa e colheita realizada manualmente. Diferentemente da propriedade 1, na propriedade 2, os restos vegetais oriundos das capinas, arruação e colheita dos sistemas orgânicos não são depositados na projeção da copa do cafeeiro, ficando na entrelinha.

Os tratamentos avaliados consistiram de dois sistemas de manejo na propriedade 1, orgânico (ORG1) e convencional (CON1) e quatro sistemas de manejo na propriedade 2, orgânico consorciado com ingá (ORG/IN2), orgânico consorciado com ingá e leucena (ORG/IN/LE2), orgânico consorciado com cedro (ORG/CED2) e convencional (CON2) em três repetições para cada sistema. Em cada propriedade, como referência para a comparação dos dados, foi tomada áreas de mata próximas as lavouras. Na propriedade 1 a mata é primária e sem histórico de interferência humana (MP1). Na propriedade 2, pela inexistência de mata primária nas mediações da propriedade, foi tomada como referência para comparação dos dados área de mata secundária. Esta mata foi plantada no início dos anos 80 sendo a vegetação predominante constituída por espécie presente em Mata Atlântica (MS2).

2.2 AMOSTRAGEM DE SOLO

No terço médio de cada área dos diferentes sistemas de manejo foi demarcado um talhão de aproximadamente 0,25 ha. Cada talhão apresentou 3 parcelas experimentais de aproximadamente 110 m² para a propriedade 1 e 240m² para a propriedade 2. Cada parcela foi constituída por 5 linhas cafeeiras tendo cada

linha 10 plantas (Figura 4). As amostragens foram realizadas em 08 e 09/2011 onde no centro de cada parcela foi aberto uma trincheira de aproximadamente 1 metro de profundidade e feito a coleta de amostras deformada e indeformada nas profundidades 0-10; 10-20; 20-40; 40-60 e 60-100 cm. Nos fragmentos de mata, próximo aos locais de coleta, foram abertas 3 trincheiras e realizado o mesmo procedimento de amostragem da área cafeeira.

Para a caracterização física e química do solo três amostras do horizonte A e do horizonte B foram coletadas em separado para cada sistema avaliado. As características físicas e químicas estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 1. Caracterização dos sistemas de cultivo

| Prop ⁽¹⁾ | Composição Anterior | Composição Atual | TA ⁽²⁾ | IC ⁽³⁾ | IEC ⁽⁴⁾ | Adubação | Esp ⁽⁵⁾ |
|---------------------|------------------------------------|---|-------------------|-------------------|--------------------|---|--------------------|
| 1 | Mata Primária | Mata Primária (MP1). | - | - | - | - | - |
| 1 | Mata Primária, Pastagem, Eucalipto | Café Orgânico desde 2001 (ORG1). | 10 | 11 | - | Composto ⁽⁶⁾ , feijão de porco ⁽⁷⁾ esterco curtido ⁽⁸⁾ | 2,6x1 |
| 1 | Mata Primária, Pastagem, Eucalipto | Café Convencional desde 2000 (CON1). | 11 | 11 | - | NPK 2x/ano | 2,8x1 |
| 2 | Mata Primária, pastagem, café | Mata Secundária (MS2). | - | - | - | - | - |
| 2 | Mata Primária, pastagem, café | Café plantado em 1998, transição em 2005, plantio do ingá em 2007 (ORG/IN2). | 6 | 13 | 4 | Composto e feijão de porco ⁽⁹⁾ | 3x2 |
| 2 | Mata Primária, pastagem, café | Café plantado em 1998, transição em 2005, plantio do ingá em 2007 e leucena em 2006 (ORG/IN/LE2). | 6 | 13 | 4 e 5 | Composto, feijão de porco ⁽⁹⁾ | 3x2 |
| 2 | Mata Primária, pastagem, café | Café plantado em 1998, transição em 2005, plantio do cedro em 2005 (ORG/CED2). | 6 | 13 | 6 | Composto, feijão de porco ⁽⁹⁾ | 3x2 |
| 2 | Mata Primária, pastagem, café | Café convencional desde 1998 (CON2). | 13 | 13 | - | NPK 2x/ ano | 3x2 |

(1) Propriedade, (2) Tempo em anos de adoção do sistema atual, (3) Idade em anos do cafeeiro, (4) Idade em anos das espécies consorciadas, (5) Espaçamento em metros do cafeeiro (6) Composto aplicado ente os anos de 2001 a 2007, (7) Adubação verde com feijão de porco no ano de 2007, (8) Adubação com esterco de curral curtido entre os anos de 2008 a 2011, (9) Adubação com feijão de porco no ano 2006.

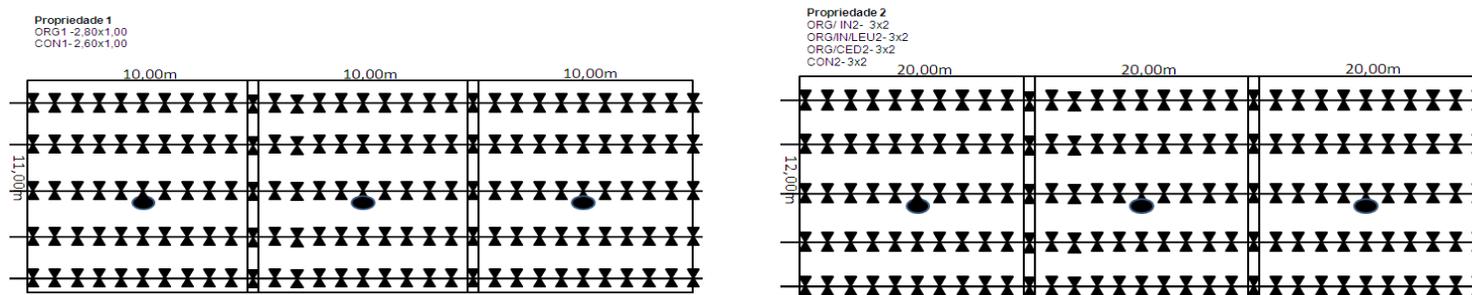


Figura 4: Esquema da coleta de solo na propriedade 1 e 2.

Tabela 2 - Valores médios (n=3) das características físicas e químicas do horizonte A e horizonte B de duas propriedades do Território do Caparaó em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo do cafeeiro

| Horizonte A | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-------------------------|--------|----------------------|---------|-------|-----------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|---|------|------|-------|-------|
| Sistemas de manejo | areia | silte gkg ⁻¹ | argila | pH(H ₂ O) | pH(KCl) | Δ pH | P mg dm ⁻³ | K ⁺ | Ca ⁺² | Mg ⁺² | Al ⁺³ | H ⁺ +Al ⁺³ Cmol _c dm ⁻³ | SB | t | T | V % |
| MP1 | 375 | 194 | 431 | 4,33 | 3,88 | -0,45 | 8,32 | 26,7 | 1,16 | 0,24 | 1,58 | 16,58 | 1,47 | 3,05 | 18,05 | 7,97 |
| ORG1 | 428 | 184 | 388 | 4,99 | 4,45 | -0,54 | 7,12 | 107,7 | 1,45 | 0,99 | 0,43 | 5,94 | 2,71 | 3,14 | 8,65 | 32,39 |
| CON1 | 550 | 105 | 345 | 5,27 | 4,99 | -0,28 | 48,89 | 78,0 | 2,50 | 0,86 | 0,07 | 5,61 | 3,09 | 3,16 | 8,71 | 35,49 |
| MS2 | 487 | 120 | 393 | 5,67 | 5,05 | -0,62 | 4,79 | 42,67 | 1,68 | 0,61 | 0,05 | 4,24 | 2,41 | 2,46 | 6,65 | 36,24 |
| ORG/IN2 | 476 | 72 | 452 | 6,57 | 5,87 | -0,70 | 13,66 | 112,00 | 1,82 | 1,16 | 0 | 2,04 | 3,28 | 3,28 | 5,32 | 62,31 |
| ORG/IN/LEU2 | 500 | 65 | 435 | 6,13 | 5,73 | -0,40 | 45,13 | 56,33 | 1,55 | 1,59 | 0 | 3,58 | 3,29 | 3,29 | 6,87 | 46,82 |
| ORG/CED2 | 373 | 68 | 559 | 5,53 | 4,80 | -0,73 | 7,30 | 128,00 | 0,72 | 0,68 | 0,05 | 4,62 | 1,73 | 1,78 | 6,35 | 27,28 |
| CON2 | 408 | 56 | 536 | 6,77 | 6,28 | -0,49 | 2,89 | 186,33 | 2,07 | 1,24 | 0 | 1,60 | 3,35 | 3,35 | 4,94 | 68,15 |
| Horizonte B | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MP1 | 360 | 181 | 459 | 4,56 | 4,29 | -0,27 | 6,16 | 14,67 | 0,27 | 0,10 | 0,98 | 10,01 | 0,41 | 1,39 | 10,42 | 4,16 |
| ORG1 | 373 | 211 | 416 | 4,47 | 3,96 | -0,51 | 5,46 | 96,00 | 0,75 | 0,23 | 1,23 | 7,21 | 1,22 | 2,45 | 8,42 | 13,96 |
| CON1 | 403 | 150 | 447 | 4,44 | 4,22 | -0,22 | 6,57 | 40,33 | 0,60 | 0,20 | 0,57 | 5,39 | 0,91 | 1,47 | 6,30 | 14,46 |
| MS2 | 384 | 135 | 481 | 5,23 | 4,82 | -0,41 | 2,13 | 15,67 | 0,36 | 0,96 | 0,48 | 4,46 | 1,38 | 1,86 | 5,84 | 22,84 |
| ORG/IN2 | 397 | 76 | 527 | 5,83 | 5,04 | -0,79 | 3,00 | 61,00 | 0,45 | 1,04 | 0,18 | 3,11 | 1,66 | 1,85 | 4,76 | 39,89 |
| ORG/IN/LEU2 | 395 | 80 | 525 | 5,13 | 4,52 | -0,61 | 2,68 | 63,67 | 0,15 | 0,37 | 0,27 | 4,07 | 0,69 | 0,95 | 4,76 | 14,53 |
| ORG/CED2 | 302 | 76 | 622 | 4,60 | 4,33 | -0,27 | 1,95 | 30,67 | 0,29 | 0,12 | 0,67 | 5,06 | 0,49 | 1,15 | 5,54 | 8,66 |
| CON2 | 351 | 61 | 588 | 5,26 | 4,89 | -0,37 | 4,29 | 76,67 | 0,46 | 0,92 | 0,23 | 4,29 | 1,58 | 1,82 | 5,87 | 25,28 |

Textura: método da pipeta; pH: relação solo-água e solo-KCl 1 mol L⁻¹ (1:2,5); Δ pH = (pH KCl- pH H₂O); P disponível: extrator Mehlich-1 e determinação por colorimetria; K⁺: extrator Mehlich-1 e determinação por espectrofotometria de chama; Ca⁺² e Mg⁺²: extrator KCl 1 mol L⁻¹ e determinação por espectrometria de absorção atômica; Al⁺³: extrator KCl 1 mol L⁻¹ e determinação por titulometria. H + Al⁺³: extrator Ca(Oac)₂ 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0. Propriedade 1: Mata Primária (MP1), Café Orgânico (ORG1) e Café Convencional (CON1); propriedade 2: Mata Secundária (MS2), Café orgânico em consórcio com Ingá (ORG/IN2), Café orgânico em consórcio com Ingá e Leucena (ORG/IN/LEU2), Café orgânico em consórcio com cedro (ORG/CED2) e Café Convencional (CON2).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPTI - Associação Brasileira Das Instituições De Pesquisa Tecnológica. Agropolo da Serra do Caparaó. **Relatório técnico consolidado do diagnóstico participativo da cadeia do café arábica da microrregião do Caparaó/ES**. Brasília, 2005, 109p.

AGÊNCIA 21. **Plano de desenvolvimento sustentável: Programa Vale Mais – Caparaó Capixaba 2006-2026**. Rio de Janeiro: Agência 21, 2006. 123p.

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

BRASIL (2009). **Ministério do Desenvolvimento Agrário**. Mapas. Disponível em: <http://sit.mda.gov.br/images/mapas/tc/tr_026_caparao_es_abr_2009.jpg>. Acesso em 06/12/2011.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de uma solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1153-1155, 2004.

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

ESPÍRITO SANTO (Estado) (2008) Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. Plano estratégico de desenvolvimento da agricultura capixaba- **Novo Pedeag 2007-2025** – região do Caparaó. Vitória,284p.

FERNANDES, M. F.; BARRETO, A. C.; EMÍDIO FILHO, J. Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 384, n. 9, p.1593-1600, jul. 1999.

FRANCO, F. S.; COUTO, L.; CARVALHO, A. F.; JUCKSCH, I.; FERNANDES FILHO, E. I.; MEIRA NETO, J. A. A. Quantificação da erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na zona da mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.26, p.751-760, 2002.

GLAESER, D. F.; MERCANTE, F. M.; ALVES, M. A. M.; SILVA, R. F.; KOMORI, O. M. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. **Ensaio e Ciência: Ciências biológicas, Agrária e da Saúde**. v.14, n.2, p.103-114, 2010.

INMET(2012). **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>. Acesso: 27/07/2012.

MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; FERREIRA NETO, P. S. Cultivo do café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 3, p.375-383, 2001.

MENDONÇA, E. S.; STOTT, D. E. Characteristics and decomposition rates of pruning residues from a shaded coffee system in Southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 57, n. 2, p. 117-125, 2003.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed.Lavras: UFLA, 2006. 135p.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvissole. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.5, p.825-831, 2005.

QUEIROZ, L. R.; COELHO, F. C.; BARROSO, D. G.; QUEIROZ, V. A. V. Avaliação da produtividade de fitomassa e acúmulo de N, P e K em leguminosas arbóreas no sistema de aléias, em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 383-390, 2007.

SOUZA, H. N.; CARDOSO, I. M.; FERNANDES, J. M.; GARCIA, F. C.P.; BONFIM, V. R.; SANTOS, A. C.; CARVALHO, A.F.; MENDONÇA, E.S. Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic Rainforest biome. **Agroforestry Systems**, v. 80, n. 1, p.1-16, 2010.

CAPÍTULO 2

Compartimentos e estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo cultivado com cafeeiro orgânico e convencional

Resumo- A substituição da vegetação nativa por áreas cultivadas vem se intensificando nas últimas décadas acarretando alterações quantitativas e qualitativas na matéria orgânica do solo (MOS). Pesquisas avaliando o impacto de diferentes sistemas de manejo são essenciais para determinação da qualidade do solo e da sustentabilidade agrícola. Este estudo teve por objetivo avaliar diferentes frações da MOS e os estoques de C e N em dois Latossolos Vermelho Amarelo distróficos argilosos do Território do Caparaó - Espírito Santo. Na propriedade 1, localizada no distrito de Santa Clara, município de Lúna, foram avaliados os seguintes sistemas: mata primária (MP1), café orgânico (ORG1) e café convencional (CON1). A propriedade 2, localizada no município Irupi, os sistemas avaliados foram: mata secundária (MS2), café orgânico consorciado com ingá (ORG/IN2), café orgânico consorciado com ingá e leucena (ORG/IN/LE2), café orgânico consorciado com cedro (ORG/CED2) e café convencional (CON2). As amostras de solo foram coletadas na projeção da copa nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm. Os estoques de C acumulado foram reduzidos nos sistemas cafeeiros em 28,6% e 17,4 % respectivamente em relação às matas primária e secundária. O manejo do café acarretou redução nos diferentes compartimentos de C estudados. Os estoques N tenderam a acompanhar os estoques de C na propriedade 1, no entanto, os consórcios com cafeeiros orgânicos apresentaram estoques de N próximos ao da mata e superiores que o cafeeiro convencional. Os teores de C lábil foram maiores nas camadas superficiais do solo e nos sistemas de café orgânico em relação ao café convencional na propriedade 2. Os resultados indicam que os consórcios com cafeeiros orgânicos por 6 anos resultaram em maior índice de manejo do carbono (IMC) em relação ao cafeeiro orgânico sem consórcio, proporcionando melhor qualidade do solo.

Palavras-chave: matéria orgânica; estoque de C; estoque de N; labilidade; substâncias húmicas; consórcio cafeeiro.

Carbon and nitrogen storage, and pools in Latosol grown coffee with organic and conventional

Abstract- The substitution of native vegetation by cultivated areas has intensified in the last decades resulting to quantitative and qualitative changes in soil organic matter (SOM). Researches assessing the impact of different management systems are essential for determining soil quality and agricultural sustainability. This study aimed to evaluate different SOM fractions and the stocks of C and N in two clayey, dystrophic Red-Yellow Latosol (Oxisol) belonging to the Territory to the Carapaó- ES, Brazil. In property 1, located in a district of Santa Clara, city of Lúna-ES, evaluated the following systems: primary forest (MP1), organic coffee (ORG1) and conventional coffee (CON1). The property 2, located in the city Irupi-ES, the systems evaluated were: secondary forest (MS2), intercropping with organic coffee and inga (ORG/IN2), intercropping with organic coffee and leucaena and inga (ORG/IN/LE2), intercropping with organic coffee and cedar (ORG/CED2) and conventional coffee (CON2). Soil samples were collected in canopy projection depths 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 and 60-100 cm. The C stocks were reduced in coffee systems in 28.6% and 17.4% respectively in relation to primary and secondary forests. The management of coffee caused a reduction in the different compartments of C studied. The stocks N tended to accompany the C stocks in a property 1, however, the organic coffee consortium with N stocks presented near the forest and higher the conventional coffee. The contents Labile C were higher in the surface layers of soil and organic coffee systems compared to conventional coffee on the property 2. The results indicate the consortiums with organic coffee for 6 years resulted in higher carbon management index (BMC) in relation to organic coffee without the consortium, providing better soil quality.

Keywords: organic matter; C stock; N stock; lability; humic substances; consortium coffee

1-INTRODUÇÃO

A biosfera é um dos compartimentos que regulam o ciclo do carbono (C) na terra constituída pela parte orgânica solo e biota terrestre (Silva & Mendonça, 2007). Em termos globais, estima-se que os solos armazenem 2.500 Pg (Peta grama) de C (1 Pg= 10^{15} g) e a biota terrestre armazene 620 Pg de C (Lal, 2004). Entretanto, estima-se que 1500 Pg de C do solo estejam estocados na matéria orgânica do solo (MOS) até 1 metro de profundidade (Janzen, 2006) sendo dessa forma, a MOS, o maior dreno de C do solo.

Outro compartimento do ciclo do C que vem sendo estudado com grande frequência é a atmosfera. Estima-se que a atmosfera é responsável por armazenar em termos globais 760 Pg de C (Lal, 2004). No entanto, segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2009), entre o período da revolução industrial e o ano de 2005, a concentração de CO₂ na atmosfera passou de 270 para 379 ppm e de N₂O de 270 para 319 ppb.

O solo tem um papel importante na concentração de C, pois ele apresenta grande dinamismo entre compartimentos do ciclo do C na terra. No entanto, reduções do estoque do C no solo ocorrem devido práticas como a substituição da vegetação nativa por cultivos intensivos, as queimadas e o preparo intensivo do solo (Rees et al., 2005; Silva & Mendonça, 2007), sendo que essas atividades influenciam no aumento das concentrações de C-CO₂ na atmosfera com impactos na perda de quantidade e qualidade da MOS.

Dessa forma, a MOS é sensível a mudanças nas práticas de manejo adotadas e possui grande relação com a estabilidade de agregados, a estrutura do solo, a infiltração e retenção de água, atividade microbiológica, capacidade de troca catiônica, disponibilidade de nutrientes para as plantas, lixiviação de nutrientes e a liberação de gases para a atmosfera (Mielniczuk et al.; 1999; Rangel, 2006).

Em áreas onde não são adotadas práticas de manejo conservacionista, ocorrem perdas de até 50% do C original do solo, em menos de 10 anos de

cultivo (Mielniczuk et al., 2003). Além da diminuição nos teores de C, é comum uma redução na qualidade da matéria orgânica, uma vez que, com o cultivo, as frações mais biodisponíveis como açúcares e proteínas são consumidas pela microbiota do solo, gerando, ao longo do tempo, enriquecimento relativo das frações orgânicas mais recalcitrantes (Oliveira Junior et al., 2008).

Sistemas alternativos ao convencional, como os sistemas orgânicos e agroecológicos, tem ganhado destaque devido ao uso sustentável do solo e meio ambiente com consequentes melhorias na qualidade do solo (Giomo et al., 2007; Cardoso, et al., 2005; Franco, 2000) em função do maior aporte de material orgânico.

Sistemas cafeeiros agroflorestais melhoram a qualidade do solo em relação ao cafeeiro convencional, pois além de promover maior recuperação dos solos pobres em nutrientes e erodidos, também ocorre incrementos nos teores de COT, matéria orgânica leve-livre, substâncias húmicas e frações de carbono orgânico extraído em gradientes de oxidação com ácido sulfúrico (Marin Perez et al., 2004).

O manejo orgânico do cafeeiro contribui para maior sustentabilidade devido ao maior incremento no COT, substâncias húmicas e carbono da matéria orgânica leve (Oliveira Junior et al., 2008). Além do incremento nos compartimentos da MOS, sistemas que promovem maior aporte de matéria orgânica também promovem melhorias nas características químicas do solo, aumentando os valores de pH, cálcio, magnésio, potássio, zinco, boro e diminuição do alumínio trocável (Theodoro et al., 2003).

O estudo da matéria orgânica em seus diversos compartimentos, bem como sua relação com o manejo, visa desenvolver estratégias para uma utilização sustentável dos solos, com vistas em reduzir o impacto das atividades agrícolas sobre o ambiente, principalmente no TC, onde as práticas de manejo convencional em relevo acidentado podem contribuir para um declínio acelerado dos estoques de C e N. Dessa forma, estratégias de manejo

conservacionistas como os sistemas orgânicos que priorizam o aporte de C e N podem contribuir para reduzir as emissões de CO₂ e N₂O para a atmosfera (Lal, 2004).

Em função do reduzido número de informações sobre a compartimentalização da matéria orgânica em solos submetidos a manejo cafeeiro orgânico e orgânico consorciado no TC, este trabalho teve como objetivo avaliar o impacto de diferentes sistemas de produção de cafeeiro orgânico sobre os estoques de carbono orgânico total e nitrogênio total e compartimentos da matéria orgânica do solo.

2-MATERIAL E MÉTODOS

2.1 PREPARO DAS AMOSTRAS

Após coleta do solo nos sistemas de manejo avaliados (ver caracterização da área de estudo capítulo 1), as amostras foram levadas para o laboratório de Física do Solo para posterior destorroamento, secagem e passagem na peneira de 2 mm, obtendo a terra fina seca ao ar (TFSA).

2.2 CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA

Para a determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM) as amostras foram coletadas em separado nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, armazenadas em sacos plásticos, identificadas e no laboratório do CCA-UFES foram mantidas em câmara fria $\pm 4^{\circ}\text{C}$ até a análise. O CBM foi avaliado pelo método Irradiação-Extração, adaptado de Islam & Weil (1998) e Brookes et al.(1982). O CBM foi calculado com base no solo úmido pela diferença entre os teores de C das amostras irradiadas e as amostras não irradiadas, sendo adotado fator de conversão (K_c) de 0,33. O K_c é usado para converter o fluxo de C para C da biomassa microbiana (Sparling e West, 1988).

Com o teor de C extraído com K_2SO_4 (pH=6,5-6,8) das amostras não irradiadas foi estimado o C solúvel.

2.3 MATÉRIA ORGÂNICA LEVE EM ÁGUA

A matéria orgânica leve (MOL) foi determinada em amostras das profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm por densimetria em água, segundo método adaptado, de Anderson & Ingram (1989), onde 100 ml de NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ foram adicionados em 50 g de TFSA para a dispersão do solo. Após 12 horas de repouso o material foi peneirado a 0,25 mm. O material retido na peneira retornou para o recipiente onde foi adicionada sucessivamente água destilada até que nenhum material orgânico entrasse em flotação quando agitado com bastão de vidro. Todo material retido na peneira foi transferido para latas de alumínio previamente taradas e levadas em estufa a 60°C até atingir peso constante.

2.4 CARBONO DA MATÉRIA ORGÂNICA LEVE EM ÁGUA

O carbono da matéria orgânica leve (Cmol) foi obtido via oxidação úmida com dicromato de potássio segundo método adaptado Yeomans & Bremner (1988).

2.5 CARBONO ORGÂNICO OXIDÁVEL

O carbono orgânico oxidável foi determinado em amostras das profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm, conforme método adaptado Chan et al. (2001). Para tal, concentrações crescentes de ácido sulfúrico foram adicionadas a 0,3 g do solo previamente moído e passado em peneira de 0,210 mm, obtendo 4 frações de carbono orgânico oxidável. As 4 frações obtidas são:

Fração 1 (F1): C oxidado a 0,167 mol L⁻¹ de K₂Cr₂O₇ em meio ácido com 3 mol L⁻¹ de H₂SO₄;

Fração 2 (F2): diferença entre o C oxidado a 0,167 mol L⁻¹ de K₂Cr₂O₇ em meio ácido com 6 e 3 mol L⁻¹ de H₂SO₄;

Fração 3 (F3): diferença entre o C oxidado a 0,167 mol L⁻¹ de K₂Cr₂O₇ em meio ácido com 12 e 6 mol L⁻¹ de H₂SO₄;

Fração 4 (F4): diferença entre o COT e o C oxidado a 0,167 mol L⁻¹ de K₂Cr₂O₇ em meio ácido com 12 mol L⁻¹ de H₂SO₄.

O teor de C na fração F1+F2 foi considerado como carbono lábil (C_L) do solo, enquanto que o carbono não lábil (C_{NL}) foi obtido pela soma dos teores da F3 e F4 (C_{NL}= F3+F4). Os teores de carbono orgânico total (COT) do solo foram determinados pelo método descrito em Yeomans & Bremner (1988) e utilizados no cálculo do Índice de Compartimento de Carbono (ICC) que consiste em verificar quanto de COT foi perdido com cultivo em relação à referência (ICC) = COTcultivado/ COTreferência. Também foram determinados a Labilidade (L) = C_L/ C_{NL}, o Índice de Labilidade (IL) = Lcultivado/ Lreferência e o Índice de Manejo de Carbono (IMC) = ICC x IL x 100, de acordo com Blair et al. (1995).

2.6 CARBONO ORGÂNICO TOTAL E ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO

Os teores de carbono orgânico total (COT) do solo foram determinados nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm pelo método descrito em Yeomans & Bremner (1988). De posse dos teores de COT foram calculados os estoques de COT em cada profundidade avaliada e o estoque acumulado na profundidade 0-100 cm. O estoque foi calculado pela seguinte fórmula: estoque de COT (Mg ha^{-1}) = teor de COT (g kg^{-1}) x D_s x $E/10$, em que D_s = densidade do solo na profundidade (kg dm^{-3}) e; E = espessura da camada de solo (cm). Para verificar o acúmulo na profundidade 0-100 cm somaram-se os estoques nas profundidades 0-10+10-20+20-40+40-60+60-100 cm.

2.7 NITROGÊNIO TOTAL E ESTOQUE DE NITROGÊNIO

Os teores de nitrogênio total (NT) do solo foram determinados nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm pelo método adaptado Bremner & Mulvaney (1982) e Tedesco et al.(1995). De posse dos teores de NT foram calculados os estoques de NT em cada profundidade avaliada e o estoque acumulado na profundidade 0-100 cm. O estoque foi calculado pela seguinte fórmula: estoque de NT (Mg ha^{-1}) = teor de NT (g kg^{-1}) x D_s x $E/10$, em que D_s = densidade do solo na profundidade (kg dm^{-3}) e; E = espessura da camada de solo (cm). Para verificar o acúmulo na profundidade 0-100 cm somaram-se os estoques nas profundidades 0-10+10-20+20-40+40-60+60-100 cm.

2.8 RELAÇÃO CARBONO ORGÂNICO TOTAL/ NITROGÊNIO TOTAL (COT/NT)

De posse dos dados dos teores de carbono e de nitrogênio foi calculada a relação COT/NT nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm.

2.9 CARBONO E NITROGÊNIO DAS SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

As frações humina (FH), ácido húmico (FAH) e ácido fúlvico (FAF) do solo foram determinados nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm de acordo com a Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS) metodologia (Swift, 1996). Amostras de 1,0 g de TFSA foi colocada em tubos

de centrifuga e adicionados 10 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹ que, após agitação em agitador horizontal a 100 rpm por 1 hora, e repouso por 24 h, foi centrifugada (5000 G por 5'). O sobrenadante (FAH e FAF) foi transferido para outro tubo centrifuga, sendo realizada na mesma amostra nova centrifugação. O material presente no tubo após as duas extrações é a FH que foi levada a estufa a 45 °C até obter peso constante. Posteriormente a FH foi triturada, passada em peneira de 0,210 mm e quantificados os teores de carbono pelo método Yeomans & Bremner (1988) e nitrogênio pelo método Bremner & Mulvaney (1982) e Tedesco et al.(1995).

Os sobrenadantes (FAH e FAF) das duas extrações foram homogeneizados e o pH foi aferido para 2 com solução de H₂SO₄ 20%. Após 18 horas de repouso e centrifugação a 5000 G por 5' a FAH que é insolúvel em ácido ficou precipitada no fundo do tubo de centrifuga e a FAF que é solúvel tanto em meio ácido quanto alcalino ficou em suspensão. Nas duas frações (FAH e FAF) foram determinados o C e N segundo Mendonça e Matos (2005).

2.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As comparações envolvendo os sistemas de manejo e as áreas sob mata foram obtidas por meio de contrastes ortogonais originados a partir do desdobramento de 2 graus de liberdade para tratamento na propriedade 1 (MN1, CO1 e CON1) e 4 graus de liberdade para tratamento na propriedade 2 (MS2, ORG/IN2, ORG/IN/LE2, ORG/CED2 e CON2) (Tabela 1). A significância dos contrastes com um grau de liberdade foi testada pelo teste F (P <0,15, 0,05 e 0,01) obtido pela análise de variância em delineamento inteiramente casualizado.

Ressalta-se que o presente estudo não se trata de uma pesquisa com estrutura experimental definida e que as condições experimentais não são homogêneas. Dessa forma, sabendo-se que existem variações nos atributos do solo que estão relacionadas com fatores de sua formação e com o efeito do manejo realizado no solo, o erro experimental em pesquisas de campo pode ser elevado justificando as comparações com tendência a 15% de significância.

Tabela 1- Contrastes ortogonais (C) utilizados na comparação entre os diferentes sistemas de manejo

| Sistemas | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|
| MP1 | 2 | 0 | - | - | - | - | - |
| ORG1 | -1 | 1 | - | - | - | - | - |
| CON1 | -1 | -1 | - | - | - | - | - |
| MS2 | - | - | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ORG/IN2 | - | - | -1 | -1 | -1 | 1 | 0 |
| ORG/IN/LE2 | - | - | -1 | -1 | 1 | 0 | 1 |
| ORG/CED2 | - | - | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 |
| CON2 | - | - | -1 | 3 | 0 | 0 | 0 |

Propriedade 1: Mata Primária (MP1), Café Orgânico (ORG1) e Café Convencional (CON1); propriedade 2: Mata Secundária (MS2), Café orgânico consorciado com Ingá (ORG/IN2), Café orgânico consorciado com Ingá e Leucena (ORG/IN/LE2), Café orgânico consorciado com cedro (ORG/CED2) e Café Convencional (CON2).

Os contrastes ortogonais C1 e C2 são referentes à propriedade 1. Em C1 comparou-se a mata nativa com o manejo do cafeeiro orgânico e convencional. Em C2 comparou-se o sistema cafeeiro orgânico em relação ao convencional.

Os contrastes ortogonais C3, C4, C5, C6 e C7 são referentes à propriedade 2. No contraste C3 avaliou-se a mata secundária em comparação aos manejos cafeeiro orgânico consorciado e convencional. O contraste C4 propôs-se a avaliar os manejos cafeeiros orgânicos consorciados em relação ao convencional. Os contrastes C5, C6 e C7 avaliaram os sistemas orgânicos consorciados, sendo: C5 avaliou-se a influência da leucena no sistema ORG/IN/LE2 em relação ao ORG/IN2, C6 avaliou-se o sistema ORG/IN2 em relação ORG/CED2 e em C7 comparou-se o sistema ORG/IN/LE2 em relação ao ORG/CED2.

3-RESULTADOS

3.1 PROPRIEDADE 1

Os dados referentes ao COT, NT e seus estoques bem como o C e N das substâncias húmicas se encontram na Tabela 2. A MP1 obteve os maiores teores e estoques de COT e NT em comparação aos sistemas de manejo cafeeiro em todas as profundidades avaliadas (Tabela 2, C1). O ORG1 apresentou teor de COT superior em relação ao CON1 nas profundidades 0-10 e 40-60 cm, sendo o ESTC superior no ORG1 somente na camada superficial 0-10 cm. Já o NT e ESTN no ORG1 foi superior em relação ao CON1 apenas na camada 10-20 cm (Tabela 2, C2).

Quando se analisa o estoque acumulado até 1 metro de profundidade verificou-se que tanto o ESTC100 quanto o ESTN100 foram superiores na MP1 em relação aos sistemas cafeeiros (Tabela 3, C1). Por outro lado, não houve efeito entre os sistemas de manejo do café sobre o ESTC100 e ESTN100 (Tabela 3, C2).

A relação COT/NT da MP1 não diferiu em relação aos manejos cafeeiros em todas as profundidades avaliadas (Tabela 2, C1). O ORG1 apresentou, em relação ao CON1, diminuição da relação COT/NT na profundidade 10-20 cm (Tabela 2, C2) refletindo o efeito do maior teor de NT nesta profundidade.

A MP1 obteve teores superiores de CFH e CFAF em todas as profundidades em comparação ao ORG1 e CON1, já o CFAH da MP1 foi superior apenas na profundidade 0-10 cm (Tabela 2, C1). O ORG1 apresentou, em relação ao CON1, teores de CFH superiores em todas as profundidades (Tabela 2, C2). Dessa forma, a CFH é a fração de preservação da matéria orgânica responsável pelo maior teor de COT no ORG1 em comparação ao CON1, pois o CFAH e CFAF não diferiram nos dois sistemas cafeeiros em todas as profundidades avaliadas (Tabela 2, C2).

Tabela 2. Médias, valores e significância dos contrastes do carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), estoque de carbono (ESTC), estoque de nitrogênio (ESTN), relação carbono orgânico total/ nitrogênio total (COT/NT), carbono da fração humina (CFH), carbono da fração ácido húmico (CFAH), carbono da fração ácido fúlvico (CFAF) nitrogênio da fração humina (NFH), nitrogênio da fração ácido húmico (NFAH), nitrogênio da fração ácido fúlvico (NFAF) nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm da propriedade 1

| Sistemas / Contrastes | COT (g kg ⁻¹) | NT | ESTC (Mg ha ⁻¹) | ESTN | COT/NT | CFH | CFAH | CFAF | NFH (g kg ⁻¹) | NFAH | NFAF |
|--------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|----------|---------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|
| 0-10 cm | | | | | | | | | | | |
| MP1 | 77,10 | 4,03 | 60,19 | 3,14 | 19,25 | 52,04 | 15,16 | 15,34 | 1,07 | 1,63 | 1,05 |
| ORG1 | 50,54 | 2,20 | 56,41 | 2,47 | 22,86 | 37,72 | 6,30 | 7,33 | 0,70 | 0,70 | 0,68 |
| CON1 | 34,83 | 1,80 | 41,01 | 2,10 | 21,33 | 24,79 | 5,75 | 4,59 | 0,51 | 0,46 | 0,51 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C1 | 68,82 ** | 4,07 ** | 22,96 * | 1,71 * | -5,68 ^{ns} | 41,57 ** | 18,28 ** | 18,77 ** | 0,92 ** | 2,11** | 0,91 ** |
| C2 | 15,71 * | 0,40 ^{ns} | 15,40 * | 0,37 ^{ns} | 1,53 ^{ns} | 12,93 ** | 0,55 ^{ns} | 2,74 ^{ns} | 0,19 [#] | 0,24 ^{ns} | 0,16 ^{ns} |
| 10-20 cm | | | | | | | | | | | |
| MP1 | 70,28 | 2,72 | 59,97 | 2,32 | 26,10 | 40,99 | 8,63 | 23,10 | 0,74 | 1,14 | 0,65 |
| ORG1 | 37,70 | 1,77 | 36,41 | 1,73 | 21,42 | 29,80 | 3,25 | 4,41 | 0,42 | 0,47 | 0,51 |
| CON1 | 29,80 | 1,00 | 33,09 | 1,08 | 27,55 | 16,49 | 6,12 | 4,42 | 0,32 | 0,46 | 0,27 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C1 | 73,07 ** | 2,67 ** | 50,44 ** | 1,84 ** | 3,22 ^{ns} | 35,70 ** | 7,88 ^{ns} | 37,38 ** | 0,75 * | 1,36 ** | 0,52 [#] |
| C2 | 7,90 ^{ns} | 0,77 * | 3,32 ^{ns} | 0,65 * | -6,12 [#] | 13,31 ** | -2,86 ^{ns} | -0,01 ^{ns} | 0,10 ^{ns} | 0,01 ^{ns} | 0,24 [#] |
| 20-40 cm | | | | | | | | | | | |
| MP1 | 67,99 | 2,17 | 121,04 | 3,86 | 31,48 | 37,84 | 2,98 | 18,44 | 0,42 | 0,68 | 0,54 |
| ORG1 | 33,25 | 1,18 | 57,43 | 2,03 | 29,06 | 24,85 | 2,51 | 4,78 | 0,28 | 0,33 | 0,40 |
| CON1 | 29,33 | 0,95 | 65,85 | 2,04 | 28,38 | 18,15 | 3,34 | 5,62 | 0,21 | 0,29 | 0,28 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C1 | 73,39 ** | 2,22 ** | 118,79 ** | 3,65 ** | 5,53 ^{ns} | 32,68 ** | 0,11 ^{ns} | 26,47 ** | 0,35 ^{ns} | 0,73 * | 0,39 [#] |
| C2 | 3,92 ^{ns} | 0,23 ^{ns} | -8,42 ^{ns} | -0,01 ^{ns} | 0,68 ^{ns} | 6,70 * | -0,83 ^{ns} | -0,84 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | 0,04 ^{ns} | 0,11 ^{ns} |
| 40-60 cm | | | | | | | | | | | |
| MP1 | 43,73 | 1,66 | 75,98 | 2,74 | 29,04 | 25,62 | 3,60 | 12,90 | 0,28 | 0,44 | 0,54 |
| ORG1 | 34,46 | 1,08 | 61,21 | 1,96 | 33,58 | 24,81 | 3,03 | 4,94 | 0,26 | 0,33 | 0,35 |
| CON1 | 27,59 | 0,81 | 57,10 | 1,95 | 31,93 | 16,33 | 3,49 | 5,25 | 0,20 | 0,22 | 0,28 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C1 | 31,40 ** | 1,43 * | 33,66 * | 1,88 [#] | -7,44 ^{ns} | 10,09 ** | 0,69 ^{ns} | 15,61 ** | 0,11 ^{ns} | 0,34 * | 0,44 [#] |
| C2 | 6,87 [#] | 0,27 ^{ns} | 4,11 ^{ns} | 0,31 ^{ns} | 1,64 ^{ns} | 8,48 ** | -0,46 ^{ns} | -0,31 ^{ns} | 0,06 ^{ns} | 0,11 ^{ns} | 0,07 ^{ns} |
| 60-100 cm | | | | | | | | | | | |
| MP1 | 36,18 | 1,48 | 113,80 | 4,73 | 25,07 | 22,00 | 4,35 | 9,00 | 0,19 | 0,63 | 0,68 |
| ORG1 | 24,01 | 0,84 | 97,13 | 3,44 | 31,30 | 19,91 | 2,60 | 3,69 | 0,19 | 0,26 | 0,28 |
| CON1 | 26,19 | 0,80 | 110,02 | 3,30 | 26,91 | 12,78 | 3,00 | 5,59 | 0,17 | 0,29 | 0,29 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C1 | 22,15 * | 1,32 * | 20,45 [#] | 2,73 [#] | -8,08 ^{ns} | 11,31 * | 3,09 ^{ns} | 8,71 [#] | 0,02 ^{ns} | 0,71 [#] | 0,78 * |
| C2 | -2,18 ^{ns} | 0,04 ^{ns} | -12,89 ^{ns} | 0,14 ^{ns} | 4,39 ^{ns} | 7,14 * | -0,40 ^{ns} | -1,90 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | -0,04 ^{ns} | -0,01 ^{ns} |

Mata Primária (MP1), Café Orgânica (ORG1) e Café Convencional (CON1). C1= (2MP1-ORG1-CON1), C2= (ORG1-CON1). ns, #, *, **: não-significativos, significativos a 15, 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste F.

A MP1 obteve os maiores teores de NFAH e NFAF em todas as profundidades em comparação aos sistemas cafeeiros, sendo o NFH na MP1 também superior nas profundidades 0-10 e 10-20 cm (Tabela 2, C1). O ORG1 apresentou, em relação ao CON1, teor de NFH superior na profundidade 0-10 cm e NFAF superior na camada 10-20 cm.

Tabela 3. Estoque de carbono (ESTC100) e estoque de nitrogênio (ESTN100), valor e significância dos contrastes na profundidade 0-100 cm de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo da propriedade 1

| Sistemas de manejo | ESTC Mg ha ⁻¹ | ESTN | Contrastes Ortogonais | Valor e significância dos contrastes para o | |
|--------------------|-----------------------------|-------|--------------------------|---|--------------------|
| | | | | Estoque de C | Estoque de N |
| | | | | 0-100 cm | |
| MP1 | 430,98 | 16,79 | | | |
| ORG1 | 308,59 | 11,61 | C1 | 246,28 ** | 11,65 * |
| CON1 | 307,09 | 10,31 | C2 | 1,50 ^{ns} | 1,30 ^{ns} |

Mata Primária (MP1), Café Orgânica (ORG1) e Café Convencional (CON1). C1= (2MP1-ORG1-CON1), C2= (ORG1-CON1). ns, #, *, **: não-significativos, significativos a 15, 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste F.

Os dados referentes ao CS, CBM, MOL, Cmol e os atributos relacionados ao carbono orgânico oxidável se encontram na Tabela 4.

O MP1 apresentou teor de CS inferior em relação aos dois sistemas cafeeiros na profundidade 10-20 cm (Tabela 4, C1), já o ORG1 obteve, em relação ao CON1, teor inferior de CS na profundidade 0-10 cm (Tabela 4, C2).

A MP1 apresentou, em relação aos dois sistemas de manejo do cafeeiro, teores superiores de CBM e MOL em todas as profundidades (Tabela 4, C1). Por outro lado, os teores de CBM e MOL obtidos no ORG1 não diferiram em comparação ao CON1 em todas as profundidades (Tabela 4, C2). Este resultado de não significância também foi observado no Cmol, quando comparado o ORG1 em relação ao CON1(Tabela 4, C2). Somente na profundidade 10-20 cm ocorreu teor de Cmol superior na MP1 em relação aos sistemas cafeeiros (Tabela 4, C1).

Tabela 4. Médias, valores e significância dos contrastes do carbono solúvel (CS), carbono da biomassa microbiana (CBM), matéria orgânica leve (MOL), carbono da matéria orgânica leve (Cmol), carbono lábil (C_L), carbono não lábil (C_{NL}), labilidade (L), relação carbono lábil/ carbono orgânico total (C_L/COT), índice do compartimento do carbono (ICC), índice de labilidade (IL) e índice do manejo do carbono (IMC) nas profundidades 0-10,10-20 e 20-40 cm da propriedade 1

| Sistemas / Contrastes | CS | CBM | MOL (g kg ⁻¹) | Cmol | C _L | C _{NL} | L | C _L /COT % | ICC | IL | IMC % |
|------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| 0-10 cm | | | | | | | | | | | |
| MP1 | 0,12 | 0,59 | 29,76 | 311,91 | 45,15 | 31,96 | 1,41 | 58,85 | 1,00 | 1,00 | 100,00 |
| ORG1 | 0,06 | 0,21 | 9,99 | 314,54 | 15,00 | 35,55 | 0,42 | 29,67 | 0,66 | 0,30 | 19,31 |
| CON1 | 0,19 | 0,15 | 7,33 | 308,00 | 17,20 | 16,49 | 1,04 | 44,54 | 0,45 | 0,58 | 26,25 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C1 | -0,01 ^{ns} | 0,82 ^{**} | 42,19 ^{**} | 1,27 ^{ns} | 58,10 ^{**} | 11,87 ^{ns} | 1,59 ^{**} | 43,50 ^{**} | 0,89 ^{**} | 1,11 ^{**} | 154,44 ^{**} |
| C2 | -0,13 ^{**} | 0,06 ^{ns} | 2,67 ^{ns} | 6,55 ^{ns} | -2,20 ^{ns} | 19,06 ^{**} | -0,62 [#] | -14,86 ^{**} | 0,21 [*] | -0,28 [*] | -6,93 ^{ns} |
| 10-20 cm | | | | | | | | | | | |
| MP1 | 0,09 | 0,43 | 12,62 | 319,41 | 31,00 | 39,28 | 0,86 | 44,66 | 1,00 | 1,00 | 100,00 |
| ORG1 | 0,20 | 0,15 | 4,02 | 268,58 | 10,67 | 27,03 | 0,43 | 28,80 | 0,53 | 0,72 | 27,45 |
| CON1 | 0,20 | 0,20 | 3,52 | 274,81 | 8,57 | 21,23 | 0,40 | 28,13 | 0,42 | 0,86 | 23,40 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C1 | -0,22 ^{**} | 0,50 [*] | 17,70 ^{**} | 95,43 [#] | 42,77 ^{**} | 30,30 [*] | 0,89 [*] | 32,39 [*] | 1,05 ^{**} | 0,42 [*] | 149,15 ^{**} |
| C2 | 0,00 ^{ns} | -0,05 ^{ns} | 0,50 ^{ns} | -6,23 ^{ns} | 2,10 ^{ns} | 5,80 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | 0,67 ^{ns} | 0,11 [*] | -0,14 ^{ns} | 4,05 ^{ns} |
| 20-40 cm | | | | | | | | | | | |
| MP1 | 0,04 | 0,18 | 5,68 | 292,81 | 18,17 | 49,82 | 0,37 | 26,79 | 1,00 | 1,00 | 100,00 |
| ORG1 | 0,01 | 0,11 | 1,64 | 248,90 | 6,67 | 26,59 | 0,25 | 19,84 | 0,49 | 0,72 | 35,25 |
| CON1 | 0,02 | 0,08 | 1,85 | 280,03 | 9,33 | 20,00 | 0,51 | 32,75 | 0,43 | 1,34 | 56,59 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C1 | 0,05 ^{ns} | 0,16 ^{**} | 7,87 ^{**} | 56,70 ^{ns} | 20,33 ^{**} | 53,06 ^{**} | -0,02 ^{ns} | 0,99 ^{ns} | 1,08 ^{**} | -0,06 ^{ns} | 108,16 ^{**} |
| C2 | -0,01 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | -0,21 ^{ns} | -31,13 ^{ns} | -2,67 ^{ns} | 6,59 ^{ns} | -0,26 [#] | -12,90 [#] | 0,07 [#] | -0,62 [*] | -21,34 [#] |

Mata Primária (MP1), Café Orgânica (ORG1) e Café Convencional (CON1). C1= (2MP1-ORG1-CON1), C2= (ORG1-CON1). ns, #, *, **: não-significativos, significativos a 15, 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste F.

A mata primária (MP1) obteve os maiores teores de C_L quando comparado aos sistemas cafeeiros em todas as profundidades e C_{NL} superior nas profundidades 10-20 e 20-40 cm (Tabela 4, C1). Para a labilidade L, a MP1 apresentou valores superiores nas camadas 0-10 e 10-20 cm indicando melhor qualidade da MOS em relação aos cafeeiros, sendo o IL também superior nessas duas profundidades para a mata. Aliado ao maior IL, a mata obteve maior quantidade de MOS e conseqüentemente maior ICC, refletindo em maior IMC em todas as profundidades (Tabela 4, C1).

O ORG1 não apresentou diferenças do teor de C_L em relação ao CON1, mas o teor de C_{NL} foi superior na profundidade 0-10 cm (Tabela 4, C2). Apesar do maior ICC no ORG1, ou seja, maior quantidade de MOS, os valores de L e IL que indicam a qualidade da matéria orgânica foram inferiores nas profundidades 0-10 e 20-40 cm no solo sob ORG1, obtendo o cafeeiro convencional maior IMC na profundidade 20-40 cm. Dessa forma, a troca de insumos caracterizada na conversão para o manejo orgânico do cafeeiro não proporcionou melhor qualidade do solo em relação ao convencional.

3.2 PROPRIEDADE 2

Os dados referentes ao COT, NT e seus estoques bem como o C e N das substâncias húmicas se encontram na Tabela 5. A MS2 obteve teores superiores de COT e ESTC em comparação aos sistemas de manejo cafeeiro nas profundidades até 60 cm (Tabela 5, C3). Este resultado evidencia que o desmatamento feito para a introdução dos cultivos cafeeiros ocasionou perdas de matéria orgânica do solo. Porém, quando se contrasta o cafeeiro convencional em relação aos três sistemas cafeeiros orgânicos (Tabela 5, C4), de modo geral, a adoção dos sistemas orgânicos está induzindo aumentos nos teores de COT e ESTC, ocorrendo aumentos nas camadas superficiais 0-10 e 10-20 cm.

Comparando os sistemas orgânicos, o ORG/IN/LE2 ocasionou, em relação ao ORG/IN2 (Tabela 5, C5), aumentos nos teores de COT nas profundidades 0-10, 20-40 e 40-60 cm do solo. O ORG/IN2 apresentou, em comparação ao

ORG/CED2, teores inferiores de COT nas profundidades 20-40 e 40-60 cm (Tabela 5, C6) e a presença da leucena junto ao ingá (ORG/IN/LE2) proporcionou, em comparação ao ORG/CED2, menores teores COT nas profundidades 40-60 e 60-100 cm (Tabela 5, C7). Para os estoques de C, a maiores diferenças entre sistemas orgânicos ocorrem nas camadas subsuperficiais 40-60 e 60-100 cm.

A MS2 não diferiu os teores de NT em comparação aos sistemas de manejo cafeeiro em todas as profundidades avaliadas, mas o ESTN foi superior na MS2 na profundidade 10-20 cm (Tabela 5, C3). A adoção dos sistemas orgânicos acarretou aumentos nos níveis NT e ESTN em todas as profundidades em relação ao sistema convencional (Tabela 5, C4).

O ORG/IN/LE2 apresentou, em relação ao ORG/IN2, teores superiores de NT até 60 cm de profundidade, mas os valores de ESTN foram superiores nas profundidades 0-10 e 10-20 cm do solo (Tabela 5, C5). Os valores de NT e ESTN no solo sob ORG/IN2 não diferiram em relação ao ORG/CED2 (Tabela 5, C6) e o solo sob ORG/IN/LE2 apresentou teor superior de NT e ESTN em comparação ao solo sob ORG/CED2 na profundidade 0-10 cm (Tabela 5, C7).

Tabela 5. Médias, valores e significância dos contrastes do carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), estoque de carbono (ESTC), estoque de nitrogênio (ESTN), relação carbono orgânico total/ nitrogênio total (COT/NT), carbono da fração humina (CFH), carbono da fração ácido húmico (CFAH), carbono da fração ácido fúlvico (CFAF) nitrogênio da fração humina (NFH), nitrogênio da fração ácido húmico (NFAH), nitrogênio da fração ácido fúlvico (NFAF) nas profundidades 0-10 e 10-20 e 20-40, 40-60 e 60-100 cm da propriedade 2

| Sistema / Contraste | COT (g kg ⁻¹) | N | ESTC (Mg ha ⁻¹) | ESTN | COT/NT | CFH | CFAH | CFAF (g kg ⁻¹) | NFH | NFAH | NFAF |
|------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 0-10 cm | | | | | | | | | | | |
| MS2 | 48,13 | 1,58 | 50,19 | 1,65 | 31,30 | 31,25 | 9,31 | 6,87 | 0,53 | 0,43 | 0,40 |
| ORG/IN2 | 33,19 | 1,09 | 40,49 | 1,33 | 31,01 | 20,63 | 3,69 | 5,45 | 0,53 | 0,28 | 0,26 |
| ORG/IN/LE2 | 41,33 | 1,92 | 47,92 | 2,22 | 21,84 | 22,98 | 6,45 | 5,02 | 0,76 | 0,43 | 0,43 |
| ORG/CED2 | 36,92 | 1,37 | 43,60 | 1,61 | 27,49 | 17,99 | 5,42 | 5,60 | 0,44 | 0,40 | 0,35 |
| CON2 | 31,53 | 1,09 | 34,27 | 1,18 | 28,99 | 20,09 | 5,39 | 5,41 | 0,42 | 0,28 | 0,27 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C3 | 49,54 ** | 0,87 ^{ns} | 34,48 * | 0,28 ^{ns} | 15,85 ^{ns} | 43,31** | 16,30 [#] | 6,00 ^{ns} | -0,05 ^{ns} | 0,34 [#] | 0,28 [#] |
| C4 | -16,86 [#] | -1,12 * | -29,20 * | -1,61 ** | 6,66 ^{ns} | -1,33 ^{ns} | 0,60 ^{ns} | 0,16 ^{ns} | -0,48 * | -0,27 [#] | -0,23 [#] |
| C5 | 8,15 [#] | 0,84 ** | 7,43 [#] | 0,89 ** | -9,17 [#] | 2,35 ^{ns} | 2,76 ^{ns} | -0,43 ^{ns} | 0,23 * | 0,15 * | 0,18 ** |
| C6 | -3,73 ^{ns} | -0,28 ^{ns} | -3,11 ^{ns} | -0,28 ^{ns} | 3,52 ^{ns} | 2,64 ^{ns} | -1,73 ^{ns} | 0,15 ^{ns} | 0,09 ^{ns} | -0,12 [#] | -0,09 [#] |
| C7 | 4,41 ^{ns} | 0,55 * | 4,32 ^{ns} | 0,61 ** | -5,65 [#] | 4,99 [#] | 1,03 ^{ns} | -0,58 ^{ns} | 0,32 ** | 0,04 ^{ns} | 0,08 [#] |
| 10-20 cm | | | | | | | | | | | |
| MS2 | 36,65 | 1,18 | 42,26 | 1,34 | 31,24 | 22,50 | 8,45 | 7,7 | 0,39 | 0,32 | 0,33 |
| ORG/IN2 | 31,46 | 0,84 | 37,00 | 0,99 | 37,59 | 19,69 | 2,36 | 3,97 | 0,35 | 0,19 | 0,19 |
| ORG/IN/LE2 | 33,34 | 1,27 | 37,15 | 1,43 | 26,80 | 21,82 | 2,05 | 2,14 | 0,45 | 0,30 | 0,30 |
| ORG/CED2 | 33,93 | 1,05 | 36,70 | 1,14 | 33,18 | 16,61 | 8,24 | 6,45 | 0,37 | 0,29 | 0,22 |
| CON2 | 27,25 | 0,87 | 27,29 | 0,87 | 31,31 | 17,92 | 3,14 | 5,31 | 0,28 | 0,21 | 0,21 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C3 | 20,61 [#] | 0,69 ^{ns} | 30,89 [#] | 0,93 [#] | -3,92 ^{ns} | 13,96 * | 18,01 ** | 12,93 * | 0,10 ^{ns} | 0,27 [#] | 0,42 [#] |
| C4 | -16,97 [#] | -0,56 [#] | -28,27 [#] | -0,95 [#] | -3,64 ^{ns} | -4,36 [#] | -3,24 [#] | 3,38 ^{ns} | -0,34 [#] | -0,15 ^{ns} | -0,08 ^{ns} |
| C5 | 1,88 ^{ns} | 0,43 * | 0,15 ^{ns} | 0,44 [#] | -10,79 * | 2,13 ^{ns} | -0,31 ^{ns} | -1,83 ^{ns} | 0,10 ^{ns} | 0,12 * | 0,12 * |
| C6 | -2,46 ^{ns} | -0,22 ^{ns} | 0,31 ^{ns} | -0,15 ^{ns} | 4,41 ^{ns} | 3,08 ^{ns} | -5,88 * | -2,48 [#] | -0,02 ^{ns} | -0,11* | -0,04 ^{ns} |
| C7 | -0,58 ^{ns} | 0,22 ^{ns} | 0,45 ^{ns} | 0,29 ^{ns} | -6,38 [#] | 5,21 [#] | -6,19 * | -4,31 ** | 0,08 ^{ns} | 0,01 ^{ns} | 0,08 [#] |
| 20-40 cm | | | | | | | | | | | |
| MS2 | 31,60 | 0,93 | 67,13 | 1,97 | 33,65 | 15,16 | 9,46 | 9,18 | 0,26 | 0,26 | 0,23 |
| ORG/IN2 | 20,19 | 0,78 | 45,64 | 1,75 | 26,29 | 13,71 | 2,78 | 5,79 | 0,29 | 0,18 | 0,21 |
| ORG/IN/LE2 | 27,39 | 0,96 | 58,70 | 2,07 | 28,66 | 13,53 | 4,33 | 2,59 | 0,30 | 0,22 | 0,23 |
| ORG/CED2 | 26,64 | 0,87 | 53,98 | 1,77 | 31,41 | 15,73 | 6,39 | 4,84 | 0,34 | 0,22 | 0,20 |
| CON2 | 20,95 | 0,75 | 41,61 | 1,50 | 28,03 | 15,38 | 0,96 | 4,04 | 0,25 | 0,19 | 0,23 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C3 | 31,25 * | 0,38 ^{ns} | 68,59 * | 0,80 ^{ns} | 20,22 [#] | 2,29 ^{ns} | 23,38 ** | 19,44 * | -0,13 ^{ns} | 0,22 [#] | 0,06 ^{ns} |
| C4 | -11,36 ^{ns} | -0,37 [#] | -33,48 ^{ns} | -1,08 [#] | -2,27 ^{ns} | 3,16 ^{ns} | -10,62 * | -1,09 ^{ns} | -0,19 ^{ns} | -0,06 ^{ns} | 0,06 ^{ns} |
| C5 | 7,20 * | 0,19 [#] | 13,06 ^{ns} | 0,32 ^{ns} | 2,37 ^{ns} | -0,17 ^{ns} | 1,55 ^{ns} | -3,20 [#] | 0,01 ^{ns} | 0,04 ^{ns} | 0,02 ^{ns} |
| C6 | -6,45 [#] | -0,09 ^{ns} | -8,34 ^{ns} | -0,02 ^{ns} | -5,12 ^{ns} | -2,02 ^{ns} | -3,61 [#] | 0,94 ^{ns} | -0,05 ^{ns} | -0,04 ^{ns} | 0,01 ^{ns} |
| C7 | 0,75 ^{ns} | 0,09 ^{ns} | 4,72 ^{ns} | 0,30 ^{ns} | -2,75 ^{ns} | -2,20 ^{ns} | -2,06 ^{ns} | -2,25 [#] | -0,04 ^{ns} | 0,00 ^{ns} | 0,03 ^{ns} |

Tabela 5. Continuação...

| Sistema / Contraste | COT (g kg ⁻¹) | N | ESTC (Mg ha ⁻¹) | ESTN | COT/NT | CFH | CFAH | CFAF (g kg ⁻¹) | NFH | NFAH | NFAF |
|------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 40-60 cm | | | | | | | | | | | |
| MS2 | 26,81 | 0,75 | 55,56 | 1,55 | 35,90 | 16,09 | 5,69 | 4,65 | 0,28 | 0,20 | 0,20 |
| ORG/IN2 | 16,41 | 0,65 | 37,40 | 1,46 | 25,53 | 10,16 | 2,63 | 3,36 | 0,26 | 0,14 | 0,18 |
| ORG/IN/LE2 | 20,03 | 0,79 | 42,82 | 1,68 | 25,71 | 13,16 | 1,04 | 2,41 | 0,22 | 0,16 | 0,18 |
| ORG/CED2 | 23,11 | 0,77 | 45,45 | 1,54 | 29,86 | 13,52 | 3,69 | 4,75 | 0,26 | 0,16 | 0,16 |
| CON2 | 22,92 | 0,65 | 47,39 | 1,35 | 35,51 | 15,87 | 1,09 | 2,05 | 0,20 | 0,15 | 0,16 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C3 | 24,77 ** | 0,14 ^{ns} | 49,15 ** | 0,18 ^{ns} | 27,00 * | 11,65 * | 14,31 ** | 6,03 # | 0,17 ^{ns} | 0,18 # | 0,12 ^{ns} |
| C4 | 9,22 ^{ns} | -0,26 # | 16,49 ^{ns} | -0,64 # | 25,42 * | 10,77 * | -4,09 # | -4,37 # | -0,15 ^{ns} | -0,01 ^{ns} | -0,02 ^{ns} |
| C5 | 3,62 # | 0,14 # | 5,42 ^{ns} | 0,22 ^{ns} | 0,18 ^{ns} | 3,00 # | -1,59 ^{ns} | -0,95 ^{ns} | -0,04 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 0,00 ^{ns} |
| C6 | -6,70 * | -0,12 ^{ns} | -8,07 # | -0,08 ^{ns} | -4,33 ^{ns} | -3,36 # | -1,06 ^{ns} | -1,39 ^{ns} | 0,00 ^{ns} | -0,02 ^{ns} | 0,02 ^{ns} |
| C7 | -3,08 # | 0,02 ^{ns} | -2,65 ^{ns} | 0,15 ^{ns} | -4,15 ^{ns} | -0,36 ^{ns} | -2,65 ^{ns} | -2,34 # | -0,04 ^{ns} | 0,00 ^{ns} | 0,02 ^{ns} |
| 60-100 cm | | | | | | | | | | | |
| MS2 | 20,87 | 0,65 | 88,95 | 2,78 | 31,99 | 16,19 | 2,03 | 1,11 | 0,17 | 0,25 | 0,18 |
| ORG/IN2 | 20,75 | 0,62 | 93,04 | 2,76 | 33,79 | 13,75 | 1,27 | 2,81 | 0,24 | 0,10 | 0,16 |
| ORG/IN/LE2 | 17,68 | 0,62 | 71,31 | 2,50 | 28,61 | 14,10 | 0,75 | 1,98 | 0,22 | 0,13 | 0,13 |
| ORG/CED2 | 21,40 | 0,72 | 87,55 | 2,93 | 29,97 | 12,53 | 3,03 | 4,09 | 0,23 | 0,14 | 0,20 |
| CON2 | 18,54 | 0,54 | 74,94 | 2,19 | 34,54 | 12,23 | 1,39 | 3,02 | 0,20 | 0,12 | 0,10 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C3 | 5,12 ^{ns} | 0,10 ^{ns} | 28,98 ^{ns} | 0,76 ^{ns} | 1,06 ^{ns} | 12,15 # | 1,68 ^{ns} | -7,46 * | -0,20 ^{ns} | 0,50 ** | 0,12 # |
| C4 | -4,21 ^{ns} | -0,33 # | -27,06 ^{ns} | -1,61 ** | 11,24 ^{ns} | -3,69 ^{ns} | -0,88 ^{ns} | 0,18 ^{ns} | -0,08 ^{ns} | -0,10 ^{ns} | -0,20 ** |
| C5 | -3,07 ^{ns} | 0,00 ^{ns} | -21,73 * | -0,26 ^{ns} | -5,18 ^{ns} | 0,35 ^{ns} | -0,52 ^{ns} | 0,83 ^{ns} | -0,02 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | 0,03 ^{ns} |
| C6 | -0,65 ^{ns} | -0,10 ^{ns} | 5,49 ^{ns} | -0,17 ^{ns} | 3,81 ^{ns} | 1,22 ^{ns} | -1,76 # | -1,28 ^{ns} | 0,01 ^{ns} | -0,04 ^{ns} | -0,04 ^{ns} |
| C7 | -3,72 # | -0,10 ^{ns} | -16,24 # | -0,43 * | -1,37 ^{ns} | 1,57 ^{ns} | -2,28 # | -2,11 # | -0,01 ^{ns} | -0,01 ^{ns} | -0,07 * |

Mata Secundária (MS2), Café Orgânico consorciado com ingá (ORG/IN2), Café Orgânico consorciado com ingá e leucena (ORG/IN/LE2), Café Orgânico consorciado com cedro (ORG/CED2), Café Convencional (CON2). C3= (4MS2- ORG/IN2- ORG/IN/LE2- ORG/CED2-CON2), C4= (3CON2- ORG/IN2- ORG/IN/LE2- ORG/CED2), C5= (ORG/IN/LE2- ORG/IN2), C6= (ORG/IN2- ORG/CED2) e C7= (ORG/IN/LE2- ORG/CED2). ns, #, *, **: não-significativos, significativos a 15, 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste F.

O estoque acumulado de C até 1 metro de profundidade da MS2 proporcionou aumento de 53,03 Mg ha⁻¹ em relação aos sistemas cafeeiros. Para o ESTN100 não ocorreu diferença significativa entre MS2 e os sistemas cafeeiros (Tabela 6, C3). Quando se compara o CON2 com os 3 sistemas cafeeiro orgânico verificou-se efeito significativo tanto para ESTC100 quanto para ESTN100. Para o ESTC100, os sistemas orgânicos alcançaram 34,07 Mg ha⁻¹ superior em relação ao CON2, o que correspondeu a um aumento de 15,11%. Para o ESTN100, os sistemas orgânicos obtiveram 1,97 Mg ha⁻¹ superior em relação ao CON2, o que representou aumento de 27,74% (Tabela 6, C4).

O ORG/IN/LE2 apresentou, em relação ao ORG/IN2, ESTN superior em 1,61 Mg ha⁻¹ o que correspondeu a aumento de 19,42%. (Tabela 6, C5). Comparando-se o ORG/IN2 com o solo sob ORG/CED2 e o solo sob ORG/IN/LE2 com o ORG/CED2 (Tabela 6, C6 e C7) verificou-se que não ocorreram diferenças significativa para o ESTC100 e ESTN100.

Tabela 6. Estoque médio de carbono (ESTC100) e estoque médio de nitrogênio (ESTN100), valor e significância dos contrastes na profundidade 0-100 cm de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo da propriedade 2

| Sistemas | Estoque de C Mg ha ⁻¹ 0-100 cm | Estoque de N | Contrastes Ortogonais | Valor e significância dos contrastes para o Estoque de C | Valor e significância dos contrastes para o Estoque de N |
|------------|---|--------------|--------------------------|--|--|
| MS2 | 304,09 | 9,30 | C3 | 212,09 ** | 2,94 ^{ns} |
| ORG/IN2 | 253,56 | 8,29 | C4 | -102,21 * | -5,89 * |
| ORG/IN/LE2 | 257,89 | 9,90 | C5 | 4,32 ^{ns} | 1,61 [#] |
| ORG/CED2 | 267,29 | 8,98 | C6 | -13,76 ^{ns} | -0,60 ^{ns} |
| CON2 | 225,51 | 7,09 | C7 | -9,40 ^{ns} | 1,01 ^{ns} |

Mata Secundária (MS2), Café Orgânico consorciado com ingá (ORG/IN2), Café Orgânico consorciado com ingá e leucena (ORG/IN/LE2), Café Orgânico consorciado com cedro (ORG/CED2), Café Convencional (CON2). C3= (4MS2-ORG/IN2- ORG/IN/LE2- ORG/CED2-CON2), C4= (3CON2- ORG/IN2- ORG/IN/LE2- ORG/CED2), C5= (ORG/IN/LE2-ORG/IN2), C6= (ORG/IN2- ORG/CED2) e C7= (ORG/IN/LE2- ORG/CED2). ns, #, *, **: não-significativos, significativos a 15, 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste F.

A relação COT/NT da MS2 aumentou em relação aos manejos cafeeiros somente na profundidade 20-40 e 40-60 cm (Tabela 5, C3). O CON2 apresentou, em relação aos manejos orgânicos, aumento da relação COT/NT na profundidade 40-60 cm (Tabela 5, C4). Avaliando os sistemas orgânicos, comparando o ORG/IN/LE2 em relação ao ORG/IN2 (Tabela 5, C5), os maiores teores de NT na presença da leucena reduziu a COT/NT em 9,17 unidades na profundidade 0-10 cm e 10,79 unidades na profundidade 10-20 cm. Não

ocorreu efeito significativo da relação COT/NT comparando-se o ORG/IN2 com o ORG/CED2 (Tabela 5, C6). A presença da leucena no ORG/IN/LE2 diminuiu a relação COT/NT em 5,65 e 6,38 unidades respectivamente nas profundidades 0-10 e 10-20 cm em relação ao ORG/CED2 (Tabela 5, C7).

A MS2 apresentou, em comparação aos sistemas cafeeiros, teores superiores de CFH (Tabela 5, C3). Para CFAH, ocorreram maiores teores na MS2 até 60 cm de profundidade (Tabela 5, C3). Para o CFAF, a MS2 obteve teores superiores nas profundidades 10-20, 20-40 e 40-60 cm, no entanto, na profundidade 60-100 cm a MS2 obteve teor de CFAF inferior em relação aos sistemas cafeeiros (Tabela 5, C3).

O CON2 apresentou, em relação aos sistemas cafeeiros, teor inferior CFH na profundidade 10-20 cm e superior CFH na profundidade 40-60 cm (Tabela 5, C4). Os teores de CFAH foram superiores para os sistemas orgânicos nas profundidades 10-20, 20-40 e 40-60 cm (Tabela 5, C4). Para o CFAF, ocorreu diferença entre CON2 e os sistemas orgânicos somente na profundidade 40-60 cm, com teor superior nos sistemas orgânicos (Tabela 5, C4).

Avaliando os sistemas orgânicos, o ORG/IN/LE2 apresentou, em relação ao ORG/IN2, aumento do CFH na profundidade 40-60 cm. Para o CFAH não ocorreu diferenças entre os dois sistemas, já para o CFAF, o ORG/IN2 apresentou teor superior na profundidade 20-40 cm (Tabela 5, C5). O ORG/IN2 apresentou, em relação ao ORG/CED2, teor inferior CFH na profundidade 40-60 cm. O CFAH também foi superior no ORG/CED2 nas profundidades 10-20, 20-40 e 60-100 cm. Para o CFAF, o ORG/CED2 apresentou teor superior na profundidade 10-20 cm (Tabela 5, C6). O ORG/IN/LE2 apresentou, em relação ao ORG/CED2, teor superior CFH nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, contudo para o CFAH, o ORG/CED2 foi superior nas profundidades 10-20 e 60-100 cm. Para o CFAF, o ORG/CED2 apresentou teor superior nas profundidades abaixo de 10 cm (Tabela 5, C7).

Não ocorreu diferença entre MS2 e os sistemas cafeeiros para o NFH. A MS2 apresentou, em relação aos sistemas cafeeiros, teores superiores de NFAH. A MS2 também obteve teores superiores de NFAF nas profundidades 0-10, 10-20 e 60-100 cm (Tabela 5, C3).

O CON2 apresentou, em relação aos sistemas orgânicos, teores inferiores de NFH nas profundidades 0-10 e 10-20 cm. Os teores de NFAH foram superiores para os sistemas orgânicos na profundidade 0-10 cm. Para o NFAF ocorreu diferenças entre CON2 e os sistemas orgânicos nas profundidades 0-10 e 60-100 cm com teor superior nos sistemas orgânicos (Tabela 5, C4).

Avaliando os sistemas orgânicos, o ORG/IN/LE2 obteve, em relação ao ORG/IN2, aumento do NFH para na profundidade 0-10 cm. Para o NFAH e NFAF ocorreu aumento no ORG/IN/LE2 nas profundidades 0-10 e 10-20 cm (Tabela 5, C5). Comparando o solo sob ORG/IN2 em relação ao ORG/CED2, observou-se que o NFH não diferiu entre os dois sistemas em todas as profundidades. Para o NFAH, o ORG/CED2 foi superior nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm e para o NFAF o ORG/CED2 apresentou teor superior na profundidade 0-10 cm (Tabela 5, C6). O ORG/IN/LE2 obteve, em relação ao ORG/CED2, teor superior de NFH na profundidade 0-10 cm (Tabela 5, C7). Para o NFAH não ocorreu diferenças entre os 2 sistemas e para o CFAF, o ORG/IN/LE2 apresentou teor superior na profundidade 0-10 e 10-20 cm, no entanto, na profundidade 60-100 cm o ORG/CED2 apresentou teor de NFAF superior ao sistema ORG/IN/LE2.

Os dados referentes ao CS, CBM, MOL, Cmol e os atributos relacionados ao carbono orgânico oxidável se encontram na Tabela 7. O teor de CS no solo sob MS2 não diferiram em relação aos manejos cafeeiros (Tabela 7, C3). Já o solo sob CON2 apresentou teores superiores de CS em relação aos sistemas orgânicos nas profundidades 0-10 e 20-40 cm (Tabela 7, C4). Em relação aos manejos cafeeiros orgânicos, somente o ORG/IN/LE2 obteve teor de CS inferior em relação ao ORG/CED2 na profundidade 10-20 cm.

Tabela 7. Médias, valores e significância dos contrastes do carbono solúvel (CS), carbono da biomassa microbiana (CBM), matéria orgânica leve (MOL), carbono da matéria orgânica leve (Cmol), carbono lábil (C_L), carbono não lábil (C_{NL}), labilidade (L), relação carbono lábil/ carbono orgânico total (C_L/COT), índice do compartimento do carbono (ICC), índice de labilidade (IL) e índice do manejo do carbono (IMC) nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm da propriedade 2

| Sistemas / Contrastes | CS | CBM | MOL | Cmol | C _L | C _{NL} | L | C _L /CO % | ICC | IL | IMC % |
|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| 0-10 cm | | | | | | | | | | | |
| MS2 | 0,11 | 0,25 | 15,78 | 267,77 | 24,18 | 23,83 | 1,02 | 50,48 | 1,00 | 1,00 | 100,00 |
| ORG/IN2 | 0,10 | 0,21 | 4,35 | 278,74 | 13,33 | 19,85 | 0,69 | 40,35 | 0,70 | 0,68 | 47,11 |
| ORG/IN/LE2 | 0,07 | 0,27 | 11,14 | 250,62 | 23,00 | 18,33 | 1,31 | 55,50 | 0,86 | 1,22 | 104,92 |
| ORG/CED2 | 0,09 | 0,14 | 4,34 | 249,32 | 14,17 | 22,75 | 0,62 | 37,72 | 0,78 | 0,60 | 48,67 |
| CON2 | 0,15 | 0,19 | 5,49 | 246,35 | 12,50 | 19,03 | 0,68 | 39,99 | 0,67 | 0,66 | 42,63 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C3 | 0,04 ^{ns} | 0,18 ^{ns} | 37,79 ^{**} | 46,04 ^{ns} | 33,72 ^{**} | 15,34 [#] | 0,79 [#] | 28,36 [#] | 0,99 ^{**} | 0,83 [#] | 156,68 ^{**} |
| C4 | 0,22 ^{**} | -0,05 ^{ns} | -3,35 [*] | -39,63 ^{ns} | -13,00 [*] | -3,86 ^{ns} | -0,59 [#] | -13,60 ^{ns} | -0,32 ^{ns} | -0,52 [#] | -72,8 [*] |
| C5 | -0,03 ^{ns} | 0,06 ^{ns} | 6,79 ^{**} | -28,12 ^{ns} | 9,67 ^{**} | -1,52 ^{ns} | 0,61 ^{**} | 15,14 ^{**} | 0,17 [#] | 0,55 ^{**} | 57,81 ^{**} |
| C6 | 0,01 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | 0,01 ^{ns} | 29,42 ^{ns} | -0,83 ^{ns} | -2,90 ^{ns} | 0,08 ^{ns} | 2,63 ^{ns} | -0,08 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | -1,56 ^{ns} |
| C7 | -0,02 ^{ns} | 0,13 [#] | 6,80 ^{**} | 1,30 ^{ns} | 8,83 ^{**} | -4,42 ^{ns} | 0,69 ^{**} | 17,78 ^{**} | 0,08 ^{ns} | 0,62 ^{**} | 56,25 ^{**} |
| 10-20 cm | | | | | | | | | | | |
| MS2 | 0,15 | 0,35 | 3,91 | 289,51 | 15,33 | 24,30 | 0,63 | 38,64 | 1,00 | 1,00 | 100,00 |
| ORG/IN2 | 0,16 | 0,14 | 2,24 | 273,82 | 9,67 | 21,80 | 0,45 | 28,43 | 0,79 | 0,72 | 56,78 |
| ORG/IN/LE2 | 0,12 | 0,28 | 3,74 | 222,91 | 13,33 | 20,01 | 0,67 | 40,14 | 0,85 | 1,07 | 90,65 |
| ORG/CED2 | 0,19 | 0,11 | 2,16 | 283,80 | 12,83 | 21,09 | 0,61 | 37,9 | 0,86 | 0,98 | 83,63 |
| CON2 | 0,18 | 0,18 | 1,61 | 277,69 | 9,50 | 17,75 | 0,53 | 34,42 | 0,69 | 0,85 | 60,40 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C3 | -0,05 ^{ns} | 0,71 ^{**} | 5,91 [*] | 99,82 ^{ns} | 16,00 ^{**} | 16,55 [*] | 0,26 ^{ns} | 13,68 ^{ns} | 0,81 [*] | 0,39 ^{ns} | 108,54 [*] |
| C4 | 0,07 ^{ns} | 0,01 ^{ns} | -3,32 [#] | 52,55 ^{ns} | -7,33 [#] | -9,65 [#] | -0,14 ^{ns} | -3,21 ^{ns} | -0,42 [#] | -0,21 ^{ns} | -49,87 ^{ns} |
| C5 | -0,04 ^{ns} | 0,14 ^{**} | 1,50 [#] | -50,91 ^{ns} | 3,67 [*] | -1,79 ^{ns} | 0,22 ^{**} | 11,72 ^{**} | 0,05 ^{ns} | 0,35 [*] | 33,87 [*] |
| C6 | -0,03 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | 0,08 ^{ns} | -9,98 ^{ns} | -3,17 [*] | 0,70 ^{ns} | -0,16 [*] | -9,47 [*] | -0,06 ^{ns} | -0,26 [#] | -26,85 [#] |
| C7 | -0,07 [*] | 0,17 ^{**} | 1,58 [*] | -60,89 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | -1,08 ^{ns} | 0,06 ^{ns} | 2,24 ^{ns} | -0,01 ^{ns} | 0,09 ^{ns} | 7,03 ^{ns} |
| 20-40 cm | | | | | | | | | | | |
| MS2 | 0,16 | 0,21 | 2,72 | 238,38 | 10,67 | 20,93 | 0,51 | 33,28 | 1,00 | 1,00 | 100,00 |
| ORG/IN2 | 0,15 | 0,05 | 0,39 | 243,30 | 6,67 | 13,52 | 0,49 | 28,91 | 0,67 | 1,04 | 72,53 |
| ORG/IN/LE2 | 0,16 | 0,09 | 0,85 | 266,42 | 10,17 | 17,22 | 0,59 | 37,14 | 0,90 | 1,21 | 111,59 |
| ORG/CED2 | 0,15 | 0,07 | 1,86 | 226,73 | 10,33 | 16,44 | 0,66 | 39,03 | 0,88 | 1,35 | 114,04 |
| CON2 | 0,20 | 0,13 | 1,07 | 213,57 | 7,17 | 13,45 | 0,55 | 35,25 | 0,68 | 1,10 | 75,77 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C3 | 0,00 ^{ns} | 0,50 ^{**} | 6,70 [*] | 3,49 ^{ns} | 8,33 [#] | 23,38 ^{**} | -0,26 ^{ns} | -7,19 ^{ns} | 0,88 [#] | -0,70 ^{ns} | 26,0 ^{ns} |
| C4 | 0,14 [*] | 0,19 ^{ns} | 0,12 ^{ns} | -95,73 [#] | -5,67 ^{ns} | -6,53 ^{ns} | -0,09 ^{ns} | 0,67 ^{ns} | -0,41 [#] | -0,28 ^{ns} | -70,86 [#] |
| C5 | 0,01 ^{ns} | 0,04 ^{ns} | 0,46 ^{ns} | 23,13 ^{ns} | 3,50 [#] | 3,70 ^{ns} | 0,10 ^{ns} | 8,23 [#] | 0,23 [#] | 0,17 ^{ns} | 39,05 [#] |
| C6 | 0,00 ^{ns} | -0,02 ^{ns} | -1,47 [#] | 16,56 ^{ns} | -3,67 [#] | -2,62 ^{ns} | -0,17 [#] | -10,12 [*] | -0,21 ^{ns} | -0,31 ^{ns} | -41,51 [#] |
| C7 | 0,01 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | -1,01 ^{ns} | 39,69 ^{ns} | -0,17 ^{ns} | 1,09 ^{ns} | -0,07 ^{ns} | -1,89 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | -0,14 ^{ns} | -2,45 ^{ns} |

Mata Secundária (MS2), Café Orgânico consorciado com ingá (ORG/IN2), Café Orgânico consorciado com ingá e leucena (ORG/IN/LE2), Café Orgânico consorciado com cedro (ORG/CED2), Café Convencional (CON2). C3= (4MS2- ORG/IN2- ORG/IN/LE2- ORG/CED2-CON2), C4= (3CON2- ORG/IN2- ORG/IN/LE2- ORG/CED2), C5= (ORG/IN/LE2- ORG/IN2), C6= (ORG/IN2- ORG/CED2) e C7= (ORG/IN/LE2- ORG/CED2). ns, #, *, **: não-significativos, significativos a 15, 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste F.

A MS2 apresentou, em relação aos sistemas de manejo cafeeiro, teores superiores de CBM nas profundidades 10-20 e 20-40 cm (Tabela 7, C3). Por outro lado, as adubações orgânicas associada aos consórcios não acarretaram aumentos no CBM em relação ao manejo convencional (Tabela 7, C4). Dentre os consórcios, de modo geral o ORG/IN/LE2 apresentou os teores superiores de CBM em comparação aos outros consórcios (Tabela 7, C5 e C7).

A MS2 não diferiu os teores de CS em relação aos manejos cafeeiros (Tabela 7, C3). Já o solo sob CON2 apresentou teores superiores de CS em relação aos sistemas orgânicos nas profundidades 0-10 e 20-40 cm (Tabela 7, C4). Em relação aos manejos cafeeiros orgânicos, somente o ORG/IN/LE2 obteve teor de CS inferior em relação ao ORG/CED2 na profundidade 10-20 cm.

A MS2 apresentou, em relação aos manejos cafeeiros, maiores quantidades de MOL no solo (Tabela 7, C3). As adubações orgânicas realizadas juntamente aos consórcios também foram suficientes para diferir a quantidade de MOL em relação ao CON2, apresentando também teor superior de Cmol na profundidade 20-40 cm (Tabela 7, C4). O solo sob ORG/IN/LE2 apresentou, em relação ao ORG/IN2 e ORG/CED2, quantidades superiores de MOL (Tabela 7, C5; C7). Já ORG/IN2 obteve, em relação ao ORG/CED2, quantidades de MOL superior na camada 20-40 cm (Tabela 7, C6).

A MS2 apresentou, quando comparado aos sistemas cafeeiros, teores superiores de C_L e C_{NL} (Tabela 7, C3). No entanto, IL foi maior na mata apenas na profundidade 0-10 cm e o ICC foi superior na mata em todas as profundidades, proporcionando maior IMC com efeito significativo nas duas camadas superficiais. De modo geral, sistemas orgânicos também apresentaram, em relação ao CON2, teores superiores de C_L e C_{NL} (Tabela 7, C4) com aumentos nos valores de L e IL na profundidade 0-10 cm e também ICC superior nos orgânicos consorciados nas profundidades 10-20 e 20-40 cm proporcionando maior IMC.

Dentre os sistemas orgânicos, o ORG/IN/LE2 obteve teores do C_L superiores em relação ao ingá e cedro (Tabela 7, C5 e C7). Já o ORG/CED2 obteve aumento no C_L em relação ao ORG/IN2 nas profundidades 10-20 e 20-40 cm (Tabela 7, C6). Não ocorreu efeito significativo para C_{NL} em nenhuma profundidade (Tabela 7, C5, C6 e C7).

Para o ORG/IN/LE2 em relação ao ORG/IN2 (Tabela 7, C5) e ao ORG/CED2 (Tabela 7, C7) a maior ocupação da área com ingá e leucena aumentou os valores de L, C_L/COT , IL e IMC na profundidade 0-10 cm, no entanto, não foram verificadas diferenças nos atributos avaliados entre ORG/IN2 e ORG/CED2 (Tabela 7, C6).

Na profundidade 10-20 cm, o ORG/IN/LE2 apresentou, em relação ORG/IN2, aumentos na L, C_L/COT , IL e IMC (Tabela 7, C5). O mesmo comportamento citado acima ocorreu para o ORG/CED2 em relação ao ORG/IN2 na profundidade 10-20 cm (Tabela 7, C6). Diferentemente do que ocorreu na profundidade 0-10 cm, nas profundidades 10-20 e 20-40 cm não ocorreram diferenças na L, C_L/COT , ICC, IL e IMC entre ORG/IN/LE2 e ORG/CED2 (Tabela 7, C7).

4-DISCUSSÃO

4.1 CARBONO ORGÂNICO TOTAL, NITROGÊNIO TOTAL E RELAÇÃO COT/NT

Para as propriedades 1 e 2, segundo Ribeiro et al. (1999), os teores médios de COT na profundidade 0-10 cm do solo obtidos na MP1, ORG1, MS2 e ORG/IN/LE2 foram classificados como muito bons, e os demais sistemas foram classificados como bons. Esses teores foram superiores a vários trabalhos com café (Fidalski e Chaves, 2010; Rangel et al., 2008 e Theodoro et al. 2003). Na camada superficial do solo, os sistemas orgânicos estudados apresentaram teores de COT superiores aos encontrados por Benites et al. (2010) sob cafeeiro convencional e Oliveira Júnior et al.(2008) sob cafeeiro orgânico que trabalharam em Latossolo de textura argilosa sob cerca de 10 anos de cultivo.

Marin Perez et al. (2004) em um Latossolo Vermelho Amarelo de textura argilosa, relataram no sistema cafeeiro agroflorestal, na profundidade 0-5 cm, teor de COT de 30, 24 g kg⁻¹. Por outro lado, pesquisando diferentes texturas de solos da Guatemala, com cafeeiro sob sistemas agroflorestais, Villatoro (2004) encontrou teor médio de COT de 59,9 g kg⁻¹ no cafeeiro orgânico+ingá+cuernavaca (*Solanum banssii*) em solo franco-argiloso.

Os teores de COT sofreram mudanças decorrentes do manejo, refletindo de certo modo, o histórico do manejo realizado em relação às áreas de mata, sendo que a introdução de cultivos de café acarretou perdas nos teores de COT. As reduções médias foram de 34,4% no ORG1 e de 54,8 % no CON1 em relação a MP1 na profundidade de 0-10 cm do solo. Nesta mesma profundidade, os sistemas orgânicos da propriedade 2 apresentaram redução média de 22,8% e 34,5% para o CON2 em relação a MS2.

Benites et al. (2010) verificaram perdas de mais de 50% do COT após 12 anos de cultivo do cafeeiro sob manejo convencional (21,7 g kg⁻¹) em relação a mata com teor de 44,7 g kg⁻¹. Oliveira Júnior et al.(2008) também relataram

perda de 12,1 e 21,9 % do COT, respectivamente para cafeeiro orgânico e convencional em relação a mata que apresentou teor de 33,85 g kg⁻¹.

Apesar das perdas com o cultivo, a adoção do manejo orgânico propiciou uma recuperação e/ou minimização das perdas de COT nas áreas estudadas. O aumento médio no COT do ORG1 em relação ao CON1 foi de 45,1 % e dos sistemas orgânicos da propriedade 2 em relação ao CON2 de 34,9 % na profundidade 0-10 cm.

Fidalski & Chaves (2010) em Latossolo, constataram aumento do teor de COT nas camadas 0-5 e 20-40 cm do solo após duas aplicações de biomassa de esterco bovino e também aumento do COT na camada 10-20 cm do solo após duas aplicações de biomassa de leucena. Marin Perez et al. (2004), em um Latossolo Vermelho Amarelo de textura argilosa, relataram que os sistemas agrofloretais com cafeeiro aumentaram o teor de COT na linha de plantio em 18%, 28%, 31%, respectivamente, para as profundidades 0-5, 5-15, 15-30 cm em relação ao sistema cafeeiro convencional. Por outro lado, Mendonça et al. (2001) relataram valores altos de C em solos cultivados com café sob manejo agroflorestal ainda que não se observaram diferenças significativas em relação a monocultura cafeeira, sendo este resultado atribuído ao pouco tempo de estabelecimento dos sistemas.

O maior aporte de matéria orgânica ocorre tanto externamente (composto orgânico/ esterco) quanto internamente (queda das folhas/ sistema radicular das espécies consorciadas) conforme observado por Oliveira Junior et al. (2008). Também, a menor perda de MO do sistema é verificado em sistemas orgânicos, pois a MO contribui para a redução da densidade do solo, aumento da porosidade com melhoria na infiltração de água reduzindo a erosão e conseqüentemente da perda de MO (Marin, 2002). Também, o não revolvimento do solo corrobora para a preservação dos altos teores de COT uma vez que se mantêm os macroagregados do solo (Silva et al., 1999).

Da mesma forma que o COT, o NT apresentou mudanças decorrentes dos manejos dos cafeeiros realizados em relação à mata apenas na propriedade 1. As reduções médias foram de 45,4% no ORG1 e de 55,3 % no CON1 em relação a MP1 na profundidade de 0-10 cm do solo. Contudo, em ambas as propriedades, os sistemas orgânicos estão aumentando os teores de NT em relação aos sistemas convencionais. Para a propriedade 1, o efeito significativo ocorreu apenas na profundidade 10-20 cm tendo aumento de 130%. Já para a propriedade 2, o efeito significativo ocorreu em todas as profundidades, sendo que na camada 0-10 cm, os sistemas orgânicos apresentaram, em relação ao CON2, aumento médio de 50,7%. Assim, os maiores teores de NT nos sistemas orgânicos se devem ao maior aporte de matéria orgânica uma vez que mais de 90% do N do solo está presente na fração orgânica (Steverson, 1994).

Os teores de NT foram semelhantes aos relatados por Benites et al. (2010) que obtiveram teor médio de 1,8 g kg⁻¹ para café convencional na camada 0-15 cm e Coelho (2009) que relatou na profundidade 0-5 cm teores de NT variando de 1,73 a 3,03 g kg⁻¹ em dois Latossolos Vermelho Amarelos de textura argilosa, cultivados a 3 anos com cafeeiro sob manejo orgânico com diferentes adubos verdes. Os teores obtidos nos sistemas orgânicos do presente estudo foram inferiores aos documentados por Villatoro (2004) que encontrou teor médio de NT de 4,31 g kg⁻¹ no cafeeiro orgânico+ingá+cuernavaca (*Solanum banssii*) em solo franco-argiloso e 3 g kg⁻¹ no cafeeiro e ingá em solo argiloso. Ferreira (2005) documentou em Latossolo teores de 3,2 g kg⁻¹ no cafeeiro orgânico sombreado com árvores e 3,3 g kg⁻¹ em cafeeiros orgânicos a pleno sol, sendo estes teores também superiores aos encontrados nos sistemas orgânicos do presente estudo.

Dentre os sistemas orgânicos arborizados, o ORG/IN/LE2 obteve teor de NT 76,2% superior em comparação ao ORG/IN2 na profundidade 0-10 cm do solo. Apesar de ambas as espécies serem fixadoras de N atmosférico, ressalta-se que a leucena pode fixar de 500 a 600 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N (Siqueira & Franco, 1988). O ingá também é uma espécie importante na fixação de N, embora as

quantidades fixadas sejam muito variadas, sendo dependentes das espécies de ingá e das condições de solo e de manejo, podendo atingir até $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Beer, 1988; Villatoro, 2004). Os dados obtidos indicam que a espécie ingá está contribuindo pouco com o NT do solo no sistema ORG/IN2, pois o mesmo sistema não diferiu do ORG/CED2. No entanto, a presença da leucena no ORG/IN/LE2 aumentou em 40,15% o teor de NT em relação ao ORG/CED2 na profundidade 0-10 cm.

Os altos teores de COT e médios de NT refletiram nos valores da relação COT/NT que foram superiores ao obtido em Benites et al. (2010) com valor de 12,3 para cafeeiro convencional na profundidade 0-15 cm e Coelho (2009) que obteve valores entre 10,31 a 15,44 sob manejo orgânico do cafeeiro com adubos verdes na profundidade 0-5 cm. Ferreira (2005) em um Latossolo obteve valores de relação C/N em sistemas orgânicos variando de 9,73 a 10,85, sendo esses valores inferiores ao encontrado no presente estudo.

Mendonça e Stott (2003) documentaram que a qualidade química da fitomassa aplicada interfere na taxa de decomposição. Assim, a proporção entre materiais recalcitrantes e lábeis é fator importante para eficácia da adubação com fitomassa de leguminosa sendo as relações C/N, celulose:N, lignina:N e (lignina+polifenol):N as mais utilizadas e quando essas relações são elevadas, a taxa de decomposição do material é reduzida fazendo com que o C se acumule mais no solo.

O resultado da relação C/N do solo fornece indicativos da dinâmica do processo de imobilização e mineralização. Geralmente, relação C/N acima de 30 indica o predomínio de imobilização, entre 20 e 30 haveria um equilíbrio entre imobilização e mineralização e menor que 20, haveria predomínio de mineralização do N. Assim, devido aos médios teores de NT obtidos no solo da propriedade 2, a relação COT/NT foi próximo de 30, sendo apenas no ORG/IN/LE2 obtido COT/NT próximo de 20 que também ocorreu no ORG1 e CON1 da propriedade 1. Segundo Embrapa (2010) a produção de fitomassa da leucena é de 12 a 20 $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, com potencial de fixação biológica de

nitrogênio variando entre 250 a 400 kg ha⁻¹ano⁻¹ e C/N igual à 14, sendo dentre os sistemas consorciados, o ORG/IN/LE2 o que apresentou melhor COT/NT e altos teores de COT e NT.

4.2 ESTOQUE DE CARBONO, ESTOQUE DE NITROGÊNIO E ESTOQUE ACUMULADO

Para propriedade 1, na profundidade 0-10 cm, o ORG1 obteve reduções no ESTC de 7,3% e CON1 de 31,9% em relação a MP1. Para o ESTN, as reduções foram de 21,34 e 33,12 % respectivamente para o ORG1 e CON1 na profundidade 0-10 cm. Na propriedade 2, na profundidade 0-10 cm, os sistemas orgânicos obtiveram redução no ESTC de 12,3% e o CON2 a redução foi de 31,7% em relação MS2. Rangel et al. (2007) em Latossolo de textura média cultivado a 11 anos com cafeeiro arábica convencional sob diferentes espaçamentos de plantio também relataram, em relação a mata, reduções de 45 % no ESTC e 30 % no ESTN em amostras de solo coletadas na projeção da copa do cafeeiro na profundidade 0-10 cm.

Devido à maior densidade do solo no CON1, não foi observado diferenças no ESTC100 e ESTN100 em relação ao ORG1. O aumento da densidade do solo sob o sistema CON1 pode está ligado ao baixo aporte orgânico, ao maior número de ciclos de umedecimento e secagem e a erosão por salpicamento, conforme constatado por Nunes et al. (2010). Os dados demonstram a importância da permanência das culturas perenes a longo prazo no solo e do manejo orgânico na preservação da integridade da estrutura do solo e consequentemente na manutenção dos altos valores de ESTC.

Rangel et al. (2007) obtiveram ESTC médio de 83,5 Mg ha⁻¹ na profundidade 0-40 cm para cafeeiro convencional. No presente estudo, para a profundidade 0-40 cm, o ESTC foi de 150,2 e 140,0 Mg ha⁻¹ respectivamente para ORG1 e CON1. Esses altos estoques estão relacionados com o histórico de manejo dessas áreas, onde após a retirada da vegetação nativa a área ficou ocupada por *Brachiaria decumbens* por mais de 30 anos, 11 anos com eucalipto e 11 anos com café. Assim, devido ao relevo montanhoso, as áreas não foram

preparadas intensamente com uso de tratores, grades e arados não havendo a desagregação intensa do solo com exposição da matéria orgânica a oxidação.

Para a propriedade 2, na profundidade 0-40 cm, os ESTC foram: ORG/IN2 (123,1 Mg ha⁻¹), ORG/IN/LE2 (143,8 Mg ha⁻¹), ORG/CED2 (134,3 Mg ha⁻¹) e CON2 (103,2 Mg ha⁻¹). Assim como na propriedade 1, na propriedade 2, os altos estoques também são reflexos da baixa interferência antrópica com relação a preservação da estrutura do solo, bem como as duas aplicações anuais de composto orgânico.

Solos sob culturas anuais apresentam valores de ESTC inferiores em razão da maior interferência antrópica principalmente no preparo do solo. D`andrea et al.(2004) em um Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso, localizado no sul do estado de Goiás, relataram que os valores de ESTC na profundidade 0-40 cm não foram alterados significativamente pelos sistemas de manejo sendo: pastagem de *Brachiaria decumbens* de 15 anos (69,86 Mg ha⁻¹), plantio direto sob rotação milho/feijão com 5 anos sob pivô central (61,07 Mg ha⁻¹), plantio convencional de 15 anos com grade aradora (58,70 Mg ha⁻¹) identificando, ESTC inferiores nestes sistemas em paralelo aos manejos cafeeiros avaliados no presente estudo. Freitas et al. (2000) obtiveram os seguintes ESTC: cultura do feijão manejado no sistema convencional de longa duração (84,4 Mg ha⁻¹) e cultura de milho sob sistema plantio direto (82,5 Mg ha⁻¹), também inferiores em paralelo ao encontrado no presente estudo com sistemas cafeeiros. Assim, os altos teores e estoques de C encontrados nos sistemas cafeeiros em Latossolo argiloso mostraram ser de grande importância para a preservação do C no solo.

4.3 SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

Os maiores teores de CFH e CFAF em todas as profundidades do solo identificam que estas frações são as responsáveis pelos maiores teores de COT da MP1 em relação ao ORG1 e CON1. O maior teor de COT no ORG1, em relação ao CON1, é corroborado pelo maior teor de CFH, já que não

ocorreu diferença para o CFAH e CFAF entre os dois sistemas cafeeiros em todas as profundidades.

Dentre as substâncias húmicas, a humina é a fração que possui estrutura molecular mais complexa e peso molecular superior em relação aos ácidos húmicos e fúlvicos havendo maior proteção estrutural. Além dessa proteção, há também a proteção física através da formação de complexos organominerais (Silva & Mendonça, 2007), sendo os teores CFH superiores em relação ao CFAH e CFAF nos três sistemas avaliados da propriedade 1.

Na MP1 e ORG1 ocorreu um predomínio da CFAF > CFAH principalmente nas camadas abaixo de 10 cm. Já para CON1, nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, o CFAH > CFAF. No entanto, maiores teores de CFAF foram encontrados nas camadas mais profundas do CON1 em relação a camadas superficiais, sugerindo haver lixiviação de ácidos fúlvicos, já que estes englobam moléculas de menor peso molecular e são solúveis em qualquer faixa de pH (Silva & Mendonça, 2007) e por possuírem mais grupamentos carboxílicos, são mais reativos e, conseqüentemente, mais propensos a perdas por lixiviação que os ácidos húmicos (Oliveira Junior et al., 2008) o que é corroborado por Coelho (2009), que não encontrou diferenças em profundidade para o CFAF, sendo tal fato atribuído a lixiviação de ácidos fúlvicos.

Resultado semelhante ao presente estudo ocorreu com Oliveira Júnior et al. (2008) que relataram que o solo sob cafeeiro convencional obteve os maiores teores de CFAH em relação CFAF nas profundidades 0-5, 5-15, 15-30 cm, já os maiores teores de CFAF foram encontrados no cafeeiro orgânico e na mata.

Por sua vez, Marchiori Júnior & Melo (2000), em um Latossolo de textura argilosa relataram que os teores de CFAH e o CFAF do cafeeiro convencional cultivado a 18 anos não diferiram em relação a mata natural. No entanto, o CFH de amostras sob cafeeiros retiradas da projeção da copa ($19,9 \text{ g kg}^{-1}$) foi

inferior em comparação ao uso do solo sob mata natural ($32,8 \text{ g kg}^{-1}$) na profundidade 0-10 cm.

Para a propriedade 2, foram observados comportamentos diferenciados em profundidade. Para a profundidade 0-10 cm, os valores CFH, CFAH e CFAF não diferiram entre os sistemas orgânicos e o convencional, mas o teor de COT foi superior nos sistemas orgânicos para essa profundidade. Para a profundidade 10-20 cm, o teor de COT nos sistemas orgânicos arborizados também foi superior em comparação ao CON2, no entanto, para essa profundidade do solo, o CFH e CFAF foram superiores nos sistemas orgânicos arborizados.

Os maiores teores de NFAH e NFAF no solo indicam que estas frações são as responsáveis pelos teores superiores de NT da MP1 nas camadas abaixo de 20 cm em comparação aos manejos sob cafeeiros, já que para o NFH, o aumento ocorreu apenas nas profundidades 0-10 e 10-20 cm do solo sob MP1. Na propriedade 2, os teores NFAH em todas as profundidades e NFAF nas profundidades 0-10 e 10-20 cm foram os responsáveis pelo maior teor de NT da MS2, já que não houve diferenças do NFH entre MS2 e cafeeiros.

Na profundidade de 0-10 cm, os sistemas arborizados apresentaram aumentos em relação ao CON2 de 38,1% para NFH, 32,1% para NFAH e 28,4 % para NFAF, sendo os maiores teores obtidos na FH, o que corrobora com Silva & Mendonça (2007) que a sequência esperada de N nas substâncias húmicas é: NFAF < NFAH < NFH. Entretanto, na propriedade 1 essa ordem não foi seguida, sendo de modo geral, os maiores teores de N no solo obtidos no FAH. Assim, diferentemente do C que predomina na FH, o N de modo geral, para a propriedade 1, foi mais bem distribuído entre as frações.

Esses resultados são corroborados por Coelho (2009) que relatou que os maiores teores de N foram obtidos na FH (NFH=49,4; 36,5% respectivos em 0-5 e 5-20 cm). Noutra propriedade estudada na pesquisa de Coelho (2009), os

maiores teores de N foram obtidos na FAH (NFAH=44 e 45% respectivos em 0-5 e 5-20 cm).

4.4 CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA, MATÉRIA ORGÂNICA LEVE EM ÁGUA E CARBONO DA MATÉRIA ORGÂNICA LEVE

Assim como no presente estudo, teores superiores de CBM no solo sob mata em relação a sistemas sob cafeeiros foi relatado por Glaeser et al. (2010) e Nunes et al. (2009). Por outro lado, Theodoro et al. (2003) obtiveram resultados semelhantes entre sistemas de café orgânico, café em conversão e café convencional e mata. Também, Marchiori Júnior & Melo (2000) em Latossolo Roxo de textura argilosa, não encontraram diferenças nos valores de CBM entre a mata e amostras de solo retirada da projeção da copa de cafeeiro convencional, mas encontraram diminuição no teor de COT com a introdução do cultivo. Assim, os autores relataram que os valores de CBM nem sempre se relacionam com o COT. Noutra pesquisa, Marchiori Júnior (1998) relatou que o COT também não se correlacionou com o CBM na profundidade de 10-20 cm em solo sob mata natural, pastagens e cultivo anual do algodoeiro.

A não significância entre os sistemas sob cafeeiros convencionais em relação aos orgânicos nas duas propriedades indica que a adubação orgânica realizada é consumida em curto prazo pela microbiota do solo. Como a coleta do solo foi realizada em período seco e há mais de 10 meses da última adubação orgânica na propriedade 1 e 6 meses na propriedade 2, é esperado que o material orgânico lábil tenha sido consumido pela microbiota, fazendo com que a baixa disponibilidade de substrato reduza sua biomassa (Souza & Mello, 2000), igualando os baixos valores entre os diferentes sistemas. Para a propriedade 2, a baixa umidade do solo (Tabela 8) deve ter corroborado com os baixos resultados do CBM em todas as profundidades.

Tabela 8. Umidade do solo em % de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico do território do Caparaó quando se avaliou a biomassa microbiana dos diferentes sistemas de manejo

| Sistemas de manejo | Profundidade cm | | |
|--------------------|-----------------|-------|-------|
| | 0-10 | 10-20 | 20-40 |
| MP1 | 30,07 | 34,22 | 34,56 |
| ORG1 | 20,57 | 23,35 | 24,88 |
| CON1 | 19,21 | 20,68 | 21,79 |
| MS2 | 8,65 | 11,08 | 12,18 |
| ORG/ING2 | 14,62 | 14,23 | 15,68 |
| ORG/ING/LEU2 | 15,93 | 15,21 | 14,21 |
| ORG/CED2 | 18,09 | 19,78 | 21,20 |
| CON2 | 12,51 | 15,06 | 15,98 |

Propriedade 1: Mata Primária (MP1), Café Orgânica (ORG1) e Café Convencional (CON1). Propriedade 2: Mata Secundária (MS2), Café Orgânico consorciado com ingá (ORG/IN2), Café Orgânico consorciado com ingá e leucena (ORG/IN/LE2), Café Orgânico consorciado com cedro (ORG/CED2), Café Convencional (CON2).

Vários autores relataram efeito da umidade sobre os teores de CBM (Glaeser et al., 2010; Nunes et al., 2009; Theodoro et al., 2003) apresentando baixos teores na estação seca devido a falta de água para sustentar a atividade dos microrganismos do solo (Moreira & Siqueira, 2006).

Dentre os sistemas orgânicos consorciados, o ORG/IN/LE2 foi o que apresentou maiores valores de CBM com teores de 0,27 e 0,28 g kg⁻¹ respectivamente para as profundidades 0-10 e 10-20 cm, identificando que o aporte contínuo dos resíduos do ingá e leucena é o substrato responsável por regular a biomassa microbiana. Tal fato é corroborado quando se analisa a MOL, tendo o sistema ORG/IN/LE2 apresentado teor médio de 11,14 g kg⁻¹ na profundidade 0-10 cm, obtendo os demais sistemas teores inferiores a 6 g kg⁻¹.

Os valores de MOL de 9,99 g kg⁻¹ no café orgânico sem árvores na profundidade 0-10 cm é influenciado pela reposição dos restos vegetais da capina, colheita e arruação que são retornados para a projeção da copa. Apesar da não significância, a quantidade de MOL no ORG1 foi 36,3% superior em relação ao CON1 na profundidade 0-10 cm, no entanto, a qualidade da matéria orgânica aplicada nos últimos anos no ORG1 (10 dm³ de esterco de curral curtido por ano, urina bovina fermentada, casca e palha de café) é baixa e pode ser explicada através dos valores médios Cmol.

O teor de C_{mol} não superou 10% do COT, o que presume que o material orgânico aplicado é consumido rapidamente pelos microrganismos do solo, fazendo com que esse compartimento não acumule C devido às rápidas taxas de decomposição e mineralização de resíduos que ocorrem em solos tropicais (Dias et al., 2007). A fração leve compreende a matéria orgânica particulada livre e intra-agregados, constituindo-se de 10 a 30% do COT (Silva et al., 1997) sendo que, via de regra, mais carbono na fração leve é encontrado em solos com maior aporte de resíduos orgânicos. Marin Perez et al. (2004) relataram que o sistema cafeeiro agroflorestal aumentou a fração leve livre em relação a monocultura representando 42% do COT na profundidade 0-5 cm.

O fato do C da fração leve contribuir mais para o COT tem consequências positivas para a qualidade química do solo, uma vez que se trata da presença de C de maior biodisponibilidade, capaz, portanto, de fornecer energia e nutrientes para microrganismos e plantas, garantindo a permanência de processos essenciais ao funcionamento do solo como componente do ecossistema (Oliveira Júnior et al., 2008).

4.5 FRAÇÕES DE CARBONO ORGÂNICO EXTRAÍDAS EM UM GRADIENTE DE OXIDAÇÃO

O decréscimo dos teores de C_L que ocorreu em profundidade nas duas propriedades também foram observados por Rangel et al. (2008) e Andrade et al. (2005). Para manutenção da sustentabilidade do sistema solo é importante que haja equilíbrio entre esses compartimentos do solo (Rangel et al., 2008), sendo parte de matéria orgânica facilmente decomponível para mineralização dos nutrientes e outra parte mais resistente no solo para melhoria e/ou manutenção das propriedades químicas e físicas do solo (Arcângelo Loss et al., 2009). Sistemas que priorizem adições frequentes de material orgânico tendem a apresentar maior teor de C na fração lábil com destaque para a fração F1 (Chan et al., 2001; Blair et al., 1995) sendo este aumento relacionado principalmente com a fração leve livre da MOS (Maia et al., 2007).

Os sistemas MP1, CON1, MS2 e ORG/IN/LE2 apresentaram maiores teores de C_L (F1+F2) em relação ao C_{NL} (F3+F4) na profundidade 0-10 cm do solo. Arcângelo Loss et al. (2009) em Argissolo arenoso documentaram que os maiores teores de COT ocorreram nas frações F1+F2 em sistemas de aleias com leguminosas, já maiores teores de COT nas frações F3+F4, em relação as frações F1+F2, foram verificadas no solo sem o uso das leguminosas.

Rangel et al. (2008) relataram que os teores de C_L e C_{NL} no solo não foram diretamente relacionados com o número de plantas no sistema cafeeiros. Esses autores indicam que o C_L e C_{NL} são dependentes do local de coleta (projeção da copa ou entrelinha), largura da entre linha e profundidade de amostragem. No presente estudo, o C_L e C_{NL} mostraram ser dependentes da profundidade e do manejo realizado com relação ao aporte de resíduos orgânicos aplicado, isto é, com os diferentes usos do solo.

Os baixos teores de C_L no ORG1 podem ser explicados pela alta labilidade da matéria orgânica aplicada que é consumida rapidamente. Devido ao menor teor de C_L , a L também foi inferior em relação ao CON1 proporcionando menor IMC no ORG1 e conseqüentemente uma qualidade do solo inferior, devendo-se no ORG1, aumentar a IL por meio de aportes mais frequentes de material orgânico.

Esses aportes são obtidos com a associação de árvores ao manejo orgânico que está presente na propriedade 2. O teor C_L foi superior nos sistemas orgânicos e seguiu a seguinte ordem: ORG/IN/LE2 > ORG/CED2 > ORG/IN2 > CON2. Dessa forma, diferentemente da propriedade 1, o maior aporte de material orgânico via decomposição de órgãos vegetativos das espécies consorciadas, promoveram maior IL, que associado ao maior ICC proporcionaram maior IMC e conseqüentemente melhor qualidade do solo.

5-CONCLUSÕES

Os estoques de C foram reduzidos nos sistemas cafeeiros em relação às matas.

Os manejos dos cafeeiros orgânicos e convencionais acarretaram reduções nos diferentes compartimentos de C e N estudados em relação às áreas de mata.

Os estoques de N acompanharam os estoques de C no sistema orgânico sem arborização. Contudo, os sistemas orgânicos arborizados apresentaram estoques de N próximos ao da mata e superiores ao cafeeiro convencional.

Os sistemas orgânicos arborizados proporcionaram maiores teores de C lábil em relação ao café convencional.

Os resultados indicam que a conversão do sistema de manejo do café para sistema orgânico por 11 anos não aumentou o índice de manejo do C (IMC) em relação ao sistema convencional. Os consórcios com cafeeiros orgânicos arborizados por 6 anos resultaram em maior índice de manejo do C (IMC) em relação ao cafeeiro convencional, proporcionando melhor qualidade do solo e sustentabilidade agrícola.

O sistema agroecológico cafeeiro + ingá + leucena é o recomendado ao produtor, pois é o sistema que apresentou altos teores e estoques de COT e NT, altos teores de C lábil e C não lábil, com labilidade e índice do manejo do carbono elevados.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, J. M. & INGRAM, J. S. I. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. **CAB International**, 1989. 171p.

ANDRADE, C. A.; OLIVEIRA, C. de; CERRI, C. C. Qualidade da matéria orgânica e estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo tratado com biossólido e cultivado com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 803-816, 2005.

BEER, J. Litter production and nutrient cycling in coffee (*Coffea arabica*) or cação (*Theobroma cacao*) plantations with shade trees. **Agroforestry Systems**, Holland, v. 7, n. 2, p. 103-114, 1988.

BENITES, V. M.; MOUTTA, R. O.; COUTINHO, H. L. C.; BALIEIRO, F. C. Análise discriminante de solos sob diferentes usos em área de mata atlântica a partir de atributos da matéria orgânica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.4, p.685-690, 2010.

BLAIR, G. J.; LEFROY, R. D. B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 46, p. 1459-1466, 1995.

BREMMER, J. M. & MULVANEY, C. S. Total nitrogen. In: PAGE, A. L., ed. Methods of soil analysis. **Madison: American Society of Agronomy**. p. 595-624. 1982.

BROOKES, P. C.; POWLSON, D. S.; JENDINSON, D. S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.14, p.319-326, 1982.

CARDOSO, I. M.; SOUZA, H. N.; MENDONÇA, E. S. Biodiversidade, recurso genético e cuidados fitossanitários. **Revista Ação Ambiental**, v.31, p. 18-20, 2005.

CHAN, K. Y.; BOWMAN, A.; OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an paleustalf under different pasture leys. **Soil Science**, Baltimore, v. 166, n. 1, p. 61-67, 2001.

COELHO, M. S. **Atribos verde na quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo de cafezais em sistema de cultivo orgânico**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 52p. 2009.

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

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; CORREIA, M. E. F.; RODRIGUES, K. M.; FRANCO, A. A. Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n.1, p. 38-44, 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Seropédica). **Banco de dados:** Leguminosas. Disponível em: <<http://www.cnpab.embrapa.br/leguminosas/>>. Acesso em: 23/11/2011.

FERREIRA, J. M. L. **Indicadores de qualidade do solo e de sustentabilidade em cafeeiros arborizados**.. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 90p. 2005.

FIDALSKI, J.; CHAVES, J. C. D. Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) lapar-59 à aplicação superficial de resíduos orgânicos em um latossolo vermelho distrófico típico. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 75-86, 2010.

FRANCO, F. S. **Sistemas agroflorestais: uma contribuição para a conservação dos recursos naturais da Zona da Mata de Minas Gerais**. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2000. 147p.

FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY, M. C. & FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.157-170, 2000.

GIOMO, G. S.; PERREIRA, S. P.; BLISKA, F. M. M. Panorama da cafeicultura orgânica e perspectivas para o setor. **O agrônomo**. v.59, n.1, p.33-36, 2007.

GLAESER, D. F.; MERCANTE, F. M.; ALVES, M. A. M.; SILVA, R. F. & KOMORI, O. M. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. **Ensaio e Ciência: Ciências biológicas, Agrária e da Saúde**, v.14, n.2, p.103-114, 2010.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change**. Climate Change 2007: Synthesis Report. Disponível em <<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em 10 de abril de 2012.

ISLAM, K. R. & WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fert. Soils**. v.27, p. 408-416, 1998.

JANZEN, H. H. The soil carbon dilemma: Shall we hoard it or use it? **Soil Biology and Biochemistry** , v.38, p.419-424, 2006.

LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma**, v.123, p.1-22, 2004.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; FERREIRA, E. P.; SANTOS, L. L.; BEUTLER, S. J.; JUNIOR, A. S. L. F. Frações oxidáveis do carbono orgânico em Argissolo Vermelho-Amarelo sob sistema de aléias. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 867-874, 2009.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; SENNA, O. T.; MENDONÇA, E. S. & ARAUJO, J. A. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. **Agroforestry Systems**, v.71, p.127-138, 2007.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Alterações na Matéria Orgânica e na Biomassa Microbiana em Solo de Mata Natural Submetido a Diferentes Manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1177-1182, jun. 2000.

MARCHIORI JÚNIOR, M. **Carbono, nitrogênio e biomassa microbiana e atividade enzimática num solo sob mata natural ou cultivado com pastagem ou algodoeiro**. Jaboticabal : UNESP-FCAV, 1998. 70p. Dissertação de Mestrado.

MARIN PEREZ, A. M.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; COSTA, L. M. Impactos da implementação de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. **Agropecuária Técnica**, v.25, n.1, p.25-36, 2004.

MARIN PEREZ, A. M. **Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo**. 2002. 83f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2002.

MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; FERREIRA NETO, P. S. Cultivo do café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 3. p.375-383, 2001.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. 1ª Ed. Viçosa, UFV, 2005. 107 p.

MENDONÇA, E. S.; STOTT, D. E. Characteristics and decomposition rates of pruning residues from a shaded coffee system in Southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 57, n. 2, p. 117-125, 2003.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos de matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Genesis, p. 1-8. 1999.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F. F.; DEBARBA, L. Em **Tópicos em ciência do solo**; CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ V., V. H., eds.; SBCS: Viçosa, 2003, cap. 5.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed.Lavras: UFLA, 2006. 135p.

NUNES, L. A. P. L.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I.; BARROS, N. F. Atributos físicos do solo em área de monocultivo de cafeeiro na zona da mata de Minas Gerais. **Bioscience Journal**, v.26, n.1, p. 71-78, 2010.

NUNES, L. A. P. L.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I.; BARROS, N. F.; KASUYA, M. C. M.; CORREIA, M. E. F. Impacto do monocultivo de café sobre os indicadores biológicos do solo na zona da mata mineira. **Ciência Rural**, v.39, n.9, p. 2467 a 2474, 2009.

OLIVEIRA JUNIOR, A. C.; SILVA, C. A.; CURI, N.; GUILHERME, L. R. G.; RANGEL, O. J. P. Indicadores Químicos de Qualidade da Matéria Orgânica de Solo da Sub-Bacia do Rio das Mortes Sob Manejos Diferenciais de Cafeeiros. **Química Nova**, v. 31, n.7, p.1733-1737, 2008.

RANGEL, O. J. P. **Estoque e frações da matéria orgânica e suas relações com o histórico de uso e manejo dos Latossolos**. Tese (Doutorado) - UFLA- Universidade Federal de Lavras- Lavras-MG. 2006, 171p.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARAES, P. T. G. Estoque e frações da matéria orgânica de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p. 1341-1353, 2007.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARAES, P. T. G.; GUILHERME, L. R. G. Frações oxidáveis do carbono orgânico do Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 429-437, 2008.

RIBEIRO, A. C.; GONTIJO, P. T. G.; V., V. H. (eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais –5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 359 p. 1999.

REES, R. M.; BINGHAM, I. J.; BADDELEY, J. A.; WATSON, C. A. The role of plants and land management in sequestering soil carbon in temperate arable and grassland ecosystems. **Geoderma**, v.128, p.130-154, 2005.

SIQUEIRA, J. O. & FRANCO, A. A. **Biotechnology do solo - Fundamentos e perspectivas**. MEC, ABEAS; ESAL - FAEPE, Lavras, 1988. 236 p.

SILVA, C. A.; ANDERSON, S. J.; VALE, F. R. Carbono, nitrogênio e enxofre em frações granulométricas de dois Latossolos submetidos a calagem e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 593-602, 1999.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. VI-Matéria Orgânica do Solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. A. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. 1.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. **Biologia dos solos dos cerrados**; Vargas, M. T.; HUNGRIA, M., eds.; Embrapa-CPAC: Planaltina, 1997.

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**, v.24, p. 885-896, 2000.

SPARLING, G. P.; WEST, A. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Calibration in situ using microbial and ¹⁴C-labeled cells. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, p.337–343, 1988.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2nd edition. New York, John Wiley & Sons, 1994. 496p.

SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D. L., ed. Methods of soil analysis. Part.3. Chemical methods. Soil Science society of America Journal. Book Series: 5. **Soil Science society of America Journal**. Madison, 1996. p.1018-1020.

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

THEODORO, V. C. A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES R. J. ; SOUZA, C. A. S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1039-1047, 2003.

VILLATORO, M. A. A. **Matéria orgânica e indicadores biológicos da qualidade do solo na cultura do café sob manejo agroflorestal e orgânico**. Tese (Doutorado). Instituto de agronomia, Curso de pós graduação em agronomia, Ciência do solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2004. 176p.

WALKLEY, A.; BLACK, A. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Baltimore, v. 37, p. 29-38, 1934.

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.

CAPÍTULO 3

Atributos físicos de Latossolos cultivados com cafeeiros sob manejo orgânico e convencional

Resumo- O uso intensivo do solo pode levar a perda da sua qualidade física com impactos desfavoráveis sobre a estrutura do solo, como a formação de agregados pouco estáveis, reduzida porosidade, elevada densidade do solo, aumento da resistência à penetração das raízes e reduzida capacidade de retenção de água. Diante disso, os sistemas orgânicos e orgânicos consorciados representam uma alternativa sustentável de maior equilíbrio no agroecossistema por promover maior aporte de matéria orgânica em relação ao sistema convencional. Partindo da hipótese que o maior aporte de matéria orgânica melhora a qualidade física do solo, a presente pesquisa teve por objetivo avaliar o impacto de sistemas de produção de cafeeiro orgânico e orgânico arborizado sobre atributos físicos de qualidade do solo em dois Latossolos Vermelho Amarelos distróficos argilosos do Território do Caparaó - Espírito Santo. Na propriedade 1, localizada no distrito de Santa Clara, município de Lúna, foram avaliados os seguintes sistemas: mata primária (MP1), café orgânico (ORG1) e café convencional (CON1). A propriedade 2, localizada no município Irupí, os sistemas avaliados foram: mata secundária (MS2), café orgânico consorciado com ingá (ORG/IN2), café orgânico consorciado com ingá e leucena (ORG/IN/LE2), café orgânico consorciado com cedro (ORG/CED2) e café convencional (CON2). As amostras de solo foram coletadas na projeção da copa nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm. As áreas de mata apresentaram melhor qualidade física do solo em relação aos sistemas cafeeiros. Os manejos orgânicos promoveram melhoria na qualidade física do solo em relação ao manejo convencional, refletido pelos maiores valores de grau de flocculação, agregação, umidade e menor resistência do solo à penetração.

Palavras-chave: matéria orgânica do solo, grau de flocculação, resistência a penetração, agregação do sol

Physical attributes of Latossols grown with coffee under organic and conventional management

Abstract- The intensive use of soil can lead to loss of its physical quality with unfavorable impacts on soil structure, such as the formation of less stable aggregates, low porosity, high density, increased resistance to root penetration and reduced capacity water retention. Thus, the organic and organic consortium represents a sustainable alternative for greater balance in agroecosystem to promote greater input of organic matter in the conventional system. Assuming that the major input of organic matter improves the soil physical quality, the present study was to evaluate the impact of production systems for organic coffee and organic intercropping on physical attributes of soil quality on two clayey, dystrophic Red-Yellow Latosol (Oxisol) belonging to the Territory to the Carapaó- ES, Brazil. In property 1, located in a district of Santa Clara, city of Iúna-ES, evaluated the following systems: primary forest (MP1), organic coffee (ORG1) and conventional coffee (CON1). The property2, located in the city Irupi-ES, the systems evaluated were: secondary forest (MS2), intercropping with organic coffee and inga (ORG/IN2), intercropping with organic coffee and leucaena and inga (ORG/IN/LE2), intercropping with organic coffee and cedar (ORG/CED2) and conventional coffee (CON2). Soil samples were collected in canopy projection depths 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 and 60-100 cm. The forest areas had better physical quality of soils in relation to coffee systems. The management promoted organic improvement in soil physical quality compared to conventional management, reflected by the highest degree of flocculation, aggregation, moisture and lower soil resistance to penetration.

Keywords: soil organic matter, flocculation, penetration resistance, soil aggregation

1-INTRODUÇÃO

O Território do Caparaó (TC) apresenta relevante participação na cafeicultura capixaba, sendo uma das principais áreas produtoras do cafeeiro arábica no Estado do Espírito Santo. No entanto, a retirada da Mata Atlântica para a introdução e expansão da cafeicultura nas regiões altimontanhas do TC podem trazer como consequências perda da qualidade química, física e biológica do solo com impactos na matéria orgânica do solo (MOS).

O uso do solo, sem o conhecimento do limite de utilização, reduz o conteúdo de MOS devido a sua decomposição acelerada (Benites et al., 2010; Nunes et al., 2010; Oliveira Junior, 2008) que aliado a remoção da cobertura morta contribuem para desestabilização dos agregados do solo. Essa desestruturação do solo afeta negativamente outras propriedades físicas, como a densidade do solo, a aeração, a capacidade de retenção e infiltração de água das chuvas, trocas gasosas entre outras, que são fundamentais à capacidade produtiva (Nunes et al., 2010; Alcântara & Ferreira, 2000).

Sistemas com maior aporte de material orgânico, como os agroecológicos e orgânicos, possuem solos com qualidade física superior por promoverem menor densidade do solo, maior porosidade e agregação e menor resistência à penetração (Carvalho et al., 2004b). A estrutura do solo também influi diretamente no adensamento, compactação, encrostamento, infiltração de água e susceptibilidade do solo a erosão (Campos et al., 1995).

Em solos cultivados sem a presença de cobertura morta, os agregados são frequentemente expostos à ação da chuva sofrendo fragmentação, principalmente nos macroagregados, resultando em aumento na proporção relativa de microagregados em função de práticas de manejo que promovam tanto a redução do teor de matéria orgânica, quanto pelo rápido umedecimento e impacto de gotas de chuva diretamente no solo (Nunes et al., 2010; Cruz et al., 2003 e Six et al., 2000).

Apesar da qualidade física do solo ser tema frequente de vários estudos, são poucos os trabalhos que tratam desse tema para solos submetidos a manejo orgânico e agroflorestal. Estudos nesses sistemas de manejo abordam com maior frequência aspectos químicos e biológicos do solo. No TC, devido ao relevo montanhoso, problemas de erosão hídrica são intensos justificando pesquisas sobre o impacto de sistemas de manejo sobre a qualidade física do solo.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o impacto de sistemas de produção de cafeeiro orgânico e orgânico arborizado sobre atributos físicos de qualidade do solo em dois Latossolos Vermelho- Amarelo distrófico do Território do Caparaó - Espírito Santo.

2-MATERIAL E MÉTODOS

2.1 COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS

Após abertura das trincheiras com auxílio de um enxadão, amostras de solo foram coletadas nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm, nos diferentes sistemas de manejo avaliados (ver caracterização da área de estudo capítulo 1). Retiraram-se amostras deformadas, as quais foram levadas para o Laboratório de Física do Solo do CCA-UFES para posterior destorroamento, secagem a sombra durante 24 horas e passagem na peneira de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). As amostras de TFSA foram utilizadas para determinação da textura, argila dispersa em água, grau de floculação e densidade de partículas. Retiraram-se também, amostras indeformadas com amostrador de Uhland para determinação da densidade do solo, macroporosidade e microporosidade. Para análise dos agregados, foram coletadas amostras na forma de torrões nas profundidades 0-10 e 10-20 cm.

2.2 TEXTURA DO SOLO, ARGILA DISPERSA EM ÁGUA E GRAU DE FLOCULAÇÃO

A análise textural foi realizada pelo método da pipeta, conforme Lei de Stokes, utilizando-se como dispersante químico o NaOH 0,1 mol L⁻¹ (Embrapa, 1997). Para a dispersão física empregou-se agitação lenta por 12 horas a 175 rpm em agitador horizontal. A determinação do silte foi feita por pipetagem (Ruiz, 2005).

A argila dispersa em água (ADA) foi determinada seguindo a metodologia descrita para a análise textural sem o uso do dispersante químico (Embrapa, 1997). De posse dos dados de argila total (AT) e argila dispersa em água foi determinado o grau de floculação (GF) através da expressão: $GF = [(AT-ADA) / AT] * 100$.

2.3 DENSIDADE DO SOLO, DENSIDADE DE PARTÍCULAS E POROSIDADE

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (Embrapa, 1997), sendo obtida pela razão entre a massa de cada amostra seca a 105-110°C e o volume de cada anel volumétrico que foi acoplado no amostrador de Uhlund. A densidade de partículas (Dp) foi obtida pelo método do balão volumétrico utilizando-se álcool com líquido penetrante (Embrapa, 1997). Para a determinação da macroporosidade (Pmacro), os anéis volumétricos foram inicialmente saturados em bandejas contendo água a 2/3 da altura dos anéis. Após total saturação, os anéis foram levados ao extrator de Richards e submetidos a tensão 6 kPa até que toda água presente nos macroporos fosse retirada pela pressão aplicada. Pela diferença de peso entre as amostras saturadas e após a aplicação da tensão de 6 kPa, obtém-se a Pmacro. Depois de pesadas, as amostras foram levadas a estufa a 105 °C até peso constante, sendo a microporosidade (Pmicro) obtida pela diferença de peso entre as amostras após a aplicação de 6 kPa e as amostras secas em estufa. A porosidade total (Pt) foi obtida pela somatória da Pmacro e Pmicro.

2.4 ESTABILIDADE DE AGREGADOS DO SOLO

Amostras de solo, coletadas em separado na forma de torrões, nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, foram levemente destorroadas com a mão deixando-se secar a sombra por 24 horas. Posteriormente, as amostras foram passadas em peneira de 4 mm, sendo os agregados retidos na peneira de 2 mm de diâmetro. O método utilizado foi o via úmida, conforme Embrapa (1997), em que se utilizou o aparelho de oscilação vertical Yoder. Foram obtidas 5 classes de agregados sendo: 4- 2 mm; 2-1 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm e < 0,25 mm (Kemper& Chepil,1965). A partir dos dados obtidos foram calculados o diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados (Kemper&Chepil,1965),utilizando as expressões:

$$DMG = EXP \frac{\sum_{i=1}^N wp \cdot \log xi}{\sum_{i=1}^N wi} \quad DMP = \sum_{i=1}^n (xi \cdot wi)$$

em que: wp é a massa do agregado em cada classe (g), xi é o diâmetro médio em cada classe de agregados(mm), wi é a proporção de cada classe em relação ao total (%).

2.5 RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO

A resistência do solo a penetração foi feita utilizando-se o penetrômetro de impacto modelo STOLF (Stolf, 1991). A análise foi realizada em período seco (agosto/setembro de 2011) na projeção da copa do cafeeiro até 60 cm de profundidade com total de 15 repetições para cada tratamento. Também, no momento da análise no campo, foram abertas 3 mini trincheiras para cada tratamento e coletadas amostras de solo nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm para a determinação da umidade.

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As comparações envolvendo os sistemas de manejo e as áreas sob mata foram obtidas por meio de contrastes ortogonais originados a partir do desdobramento de 2 graus de liberdade para tratamento na propriedade 1 (MN1, ORG1 e CON1) e 4 graus de liberdade para tratamento na propriedade 2 (MS2, ORG/IN2, ORG/IN/LE2, ORG/CED2 e CON2) (Tabela 1). A significância dos contrastes com um grau de liberdade foi testada pelo teste F ($P < 0,15, 0,05$ e $0,01$).

Tabela 1- Contrastes ortogonais (C) utilizados na comparação entre os diferentes sistemas de manejo.

| Sistemas | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|
| MP1 | 2 | 0 | - | - | - | - | - |
| ORG1 | -1 | 1 | - | - | - | - | - |
| CON1 | -1 | -1 | - | - | - | - | - |
| MS2 | - | - | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ORG/IN2 | - | - | -1 | -1 | -1 | 1 | 0 |
| ORG/IN/LE2 | - | - | -1 | -1 | 1 | 0 | 1 |
| ORG/CED2 | - | - | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 |
| CON2 | - | - | -1 | 3 | 0 | 0 | 0 |

Propriedade 1: Mata Primária (MP1), Café Orgânico (ORG1) e Café Convencional (CON1); propriedade 2: Mata Secundária (MS2), Café orgânico consorciado com Ingá (ORG/IN2), Café orgânico consorciado com Ingá e Leucena (ORG/IN/LE2), Café orgânico consorciado com cedro (ORG/CED2) e Café Convencional (CON2).

Os contrastes ortogonais C1 e C2 são referentes à propriedade 1. Em C1 comparou-se a mata nativa com os manejos dos cafeeiros orgânico e convencional. Em C2 comparou-se o sistema cafeeiro orgânico em relação ao convencional.

Os contrastes ortogonais C3, C4, C5, C6 e C7 são referentes à propriedade 2. No contraste C3 avaliou-se a mata secundária em comparação aos manejos cafeeiro orgânico consorciado e convencional. O contraste C4 propôs-se a avaliar os manejos cafeeiros orgânicos consorciados em relação ao convencional. Os contrastes C5, C6 e C7 avaliaram os sistemas orgânicos consorciados, sendo: C5 avaliou-se a influência da leucena no sistema ORG/IN/LE2 em relação ao ORG/IN2, C6 avaliou-se o sistema ORG/IN2 em relação ORG/CED2 e em C7 comparou-se o sistema ORG/IN/LE2 em relação ao ORG/CED2.

3-RESULTADOS

3.1 Propriedade 1

Os dados referentes à textura, argila dispersa em água (ADA), grau de flocculação (GF), densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), macroporosidade (Pmacro), microporosidade (Pmicro) e porosidade total (Ptotal) do solo para a propriedade 1 se encontram na Tabela 2. De modo geral, o solo sob MP1 apresentou, em relação aos solos sob os dois sistemas cafeeiros, menores teores de areia grossa e areia fina e maiores teores de silte e argila (Tabela 2, C1). Já o ORG1 obteve, em relação ao CON1, menores quantidades de areia grossa, porém maiores teores de silte em todas as profundidades (Tabela 2, C2).

O solo sob MP1 possui, em relação ao ORG1 e CON1, maiores quantidades de ADA nas profundidades 20- 40 e 40- 60 cm, no entanto, o GF não diferiu entre os manejos (Tabela 2, C1). Já o ORG1, apresentou em comparação ao CON1, menores quantidades de ADA e maior GF em todas as profundidades (Tabela 2, C2).

Para a Ds, o solo sob MP1 apresentou menores valores em comparação ao solo sob ORG1 e CON1 (Tabela 2, C1). O solo sob ORG1 obteve, em comparação ao CON1, Ds inferior nas profundidades 10-20, 20-40 e 40 a 60 cm (Tabela 2, C2). Para a Dp, o solo sob MP1 obteve menor valor em relação aos dois sistemas cafeeiros na profundidade 0-10 cm (Tabela 2, C1). O solo sob ORG1 também obteve menor valor de Dp em comparação ao CON1 nas profundidades 0-10 e 20-40 cm (Tabela 2, C2).

De modo geral, o solo sob MP1 apresentou maiores valores de Pmacro e Ptotal em relação aos sistemas sob cafeeiro, sendo que a Pmicro aumentou no solo sob MP1 apenas na profundidade 20-40 cm (Tabela 2, C1). O solo sob ORG1 obteve maior Pmacro em relação ao solo sob CON1 somente na profundidade 20-40 cm, Pmicro superior em todas as profundidades e o Ptotal superior até 60 cm de profundidade (Tabela 2, C2).

Tabela 2. Médias, valores e significância dos contrastes da areia grossa (Ag), areia fina (Af), silte, argila, argila dispersa em água (ADA), grau de flocculação (GF), densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), macroporosidade (Pmacro), microporosidade (Pmicro) e porosidade total (Ptotal) do solo nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm da propriedade 1

| Sistemas Contrastes | Ag | Af | Silte g kg ⁻¹ | Argila | ADA | GF % | Ds kg dm ⁻³ | Dp | Pmacro | Pmicro m ³ m ⁻³ | Ptotal |
|------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|--|--------------------|
| 0-10 cm | | | | | | | | | | | |
| MP1 | 181,16 | 181,67 | 251,49 | 385,67 | 146,40 | 62,05 | 0,78 | 2,40 | 0,30 | 0,33 | 0,63 |
| ORG1 | 209,25 | 279,81 | 176,03 | 334,91 | 112,93 | 65,98 | 1,12 | 2,49 | 0,25 | 0,33 | 0,58 |
| CON1 | 299,77 | 284,37 | 114,50 | 301,36 | 140,67 | 53,09 | 1,16 | 2,60 | 0,26 | 0,28 | 0,54 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C1 | -146,96 [#] | -200,84 ^{**} | 212,45 ^{**} | 135,08 [*] | 39,20 ^{ns} | 5,04 ^{ns} | -0,73 ^{**} | -0,28 [*] | 0,09 [#] | 0,05 ^{ns} | 0,16 [*] |
| C2 | -90,52 [#] | -4,56 ^{ns} | 61,53 [*] | 33,55 ^{ns} | -27,73 [#] | 12,89 [*] | -0,04 ^{ns} | -0,11 [#] | -0,01 ^{ns} | 0,05 [*] | 0,04 [#] |
| 10-20 cm | | | | | | | | | | | |
| MP1 | 201,55 | 173,68 | 194,42 | 430,35 | 150,13 | 65,03 | 0,85 | 2,46 | 0,32 | 0,32 | 0,64 |
| ORG1 | 174,20 | 253,79 | 184,21 | 387,81 | 109,73 | 71,45 | 0,98 | 2,61 | 0,29 | 0,33 | 0,62 |
| CON1 | 260,91 | 288,90 | 104,76 | 345,42 | 171,07 | 50,47 | 1,12 | 2,53 | 0,27 | 0,25 | 0,52 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C1 | -32,01 ^{ns} | -195,32 ^{**} | 99,86 ^{**} | 127,47 [#] | 19,47 ^{ns} | 8,13 ^{ns} | -0,39 [*] | -0,22 ^{ns} | 0,08 [#] | 0,05 ^{ns} | 0,14 ^{**} |
| C2 | -86,71 [#] | -35,11 [#] | 79,44 ^{**} | 42,38 ^{ns} | -61,33 [*] | 20,97 ^{**} | -0,14 [#] | 0,08 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 0,08 ^{**} | 0,10 ^{**} |
| 20-40 cm | | | | | | | | | | | |
| MP1 | 151,27 | 182,99 | 196,52 | 469,22 | 173,07 | 63,17 | 0,89 | 2,61 | 0,35 | 0,33 | 0,68 |
| ORG1 | 150,96 | 248,73 | 196,27 | 404,04 | 99,60 | 75,26 | 0,86 | 2,62 | 0,37 | 0,31 | 0,68 |
| CON1 | 221,48 | 261,25 | 128,72 | 388,55 | 183,20 | 52,46 | 1,11 | 2,77 | 0,27 | 0,25 | 0,52 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C1 | -69,90 ^{ns} | -144,01 ^{**} | 68,05 [*] | 145,85 [*] | 63,33 [#] | -1,39 ^{ns} | -0,20 [#] | -0,17 ^{ns} | 0,06 ^{ns} | 0,10 [#] | 0,14 [#] |
| C2 | -70,52 [#] | -12,52 ^{ns} | 67,55 ^{**} | 15,49 ^{ns} | -83,60 ^{**} | 22,80 ^{**} | -0,25 ^{**} | -0,15 [#] | 0,10 [*] | 0,06 [#] | 0,16 ^{**} |
| 40-60 cm | | | | | | | | | | | |
| MP1 | 171,67 | 188,76 | 180,48 | 459,07 | 167,33 | 63,61 | 0,81 | 2,51 | 0,37 | 0,34 | 0,71 |
| ORG1 | 137,28 | 236,08 | 211,43 | 415,21 | 94,67 | 77,03 | 0,89 | 2,54 | 0,31 | 0,33 | 0,64 |
| CON1 | 157,79 | 245,08 | 150,40 | 446,72 | 186,67 | 58,01 | 1,03 | 2,49 | 0,27 | 0,28 | 0,54 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C1 | 48,26 ^{ns} | -103,64 ^{**} | -0,87 ^{ns} | 56,24 ^{ns} | 53,33 [#] | -7,82 ^{ns} | -0,30 ^{**} | -0,01 ^{ns} | 0,16 [*] | 0,07 ^{ns} | 0,22 ^{**} |
| C2 | -20,51 ^{ns} | -9,00 ^{ns} | 61,03 ^{**} | -31,50 ^{ns} | -92,00 ^{**} | 19,02 ^{**} | -0,14 [*] | 0,06 ^{ns} | 0,04 ^{ns} | 0,05 [#] | 0,10 ^{**} |
| 60-100 cm | | | | | | | | | | | |
| MP1 | 144,66 | 176,38 | 194,48 | 484,48 | 161,87 | 66,62 | 0,79 | 2,52 | 0,36 | 0,34 | 0,70 |
| ORG1 | 132,04 | 243,15 | 203,03 | 421,78 | 112,67 | 73,48 | 1,02 | 2,60 | 0,24 | 0,34 | 0,58 |
| CON1 | 136,16 | 235,08 | 166,89 | 461,87 | 176,53 | 61,53 | 1,04 | 2,65 | 0,28 | 0,30 | 0,58 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C1 | 21,13 ^{ns} | -125,46 ^{**} | 19,03 ^{ns} | 85,31 [#] | 34,53 ^{ns} | -1,78 ^{ns} | -0,48 ^{**} | -0,21 ^{ns} | 0,20 ^{**} | 0,04 ^{ns} | 0,25 ^{**} |
| C2 | -4,12 ^{ns} | 8,07 ^{ns} | 36,13 [*] | -40,09 ^{ns} | -63,87 [#] | 11,94 [#] | -0,02 ^{ns} | -0,05 ^{ns} | -0,04 ^{ns} | 0,04 [#] | 0,00 ^{ns} |

Mata Primária (MP1), Café Orgânica (ORG1) e Café Convencional (CON1). C1= (2MP1-ORG1-CON1), C2= (ORG1-CON1). ns, #, *, **: não-significativos, significativos a 15, 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste F.

Os dados referentes à proporção de cada classe de agregados e índices de agregação se encontram na Tabela 3.

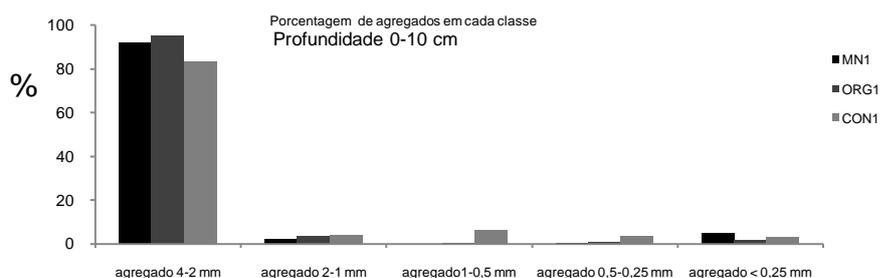
Tabela 3. Valores médios e significância dos contrastes da proporção de cada classe de agregados em %, diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP) do solo nas profundidades 0-10 e 10-20 cm

| Sistemas/ Contrastes | 4-2 mm | 2-1 mm | 1-0,5 mm | 0,5-0,25 mm | <0,25 mm | DMG | DMP |
|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 0-10 cm | | | | | | | |
| MP1 | 91,63 | 1,99 | 0,16 | 0,29 | 4,58 | 2,54 | 2,81 |
| ORG1 | 95,23 | 3,36 | 0,32 | 0,72 | 1,74 | 2,75 | 2,89 |
| CON1 | 83,28 | 4,14 | 6,29 | 3,36 | 2,93 | 2,31 | 2,62 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | |
| C1 | 4,75 ^{ns} | -3,52 ^{ns} | -6,29 ^{ns} | -3,5 ^{ns} | 4,49 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 0,11 ^{ns} |
| C2 | 11,95 [*] | -0,78 ^{ns} | -5,97 [#] | -2,64 [#] | -1,19 ^{ns} | 0,44 [*] | 0,27 [*] |
| 10-20 cm | | | | | | | |
| MP1 | 95,03 | 2,82 | 0,30 | 0,47 | 1,39 | 2,78 | 2,90 |
| ORG1 | 90,09 | 4,32 | 0,75 | 0,77 | 4,08 | 2,50 | 2,78 |
| CON1 | 70,07 | 10,05 | 7,89 | 8,06 | 3,94 | 1,90 | 2,35 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | |
| C1 | 29,90 ^{**} | -8,73 ^{**} | -8,04 ^{**} | -7,89 ^{**} | -5,24 [#] | 1,16 ^{**} | 0,67 ^{**} |
| C2 | 20,02 ^{**} | -5,73 ^{**} | -7,14 ^{**} | -7,29 ^{**} | 0,14 ^{ns} | 0,60 ^{**} | 0,43 ^{**} |

Mata Primária (MP1), Café Orgânica (ORG1) e Café Convencional (CON1). C1= (2MP1-ORG1-CON1), C2= (ORG1-CON1). ns, #, *, **: não-significativos, significativos a 15, 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste F.

Na profundidade 0-10 cm, o solo sob MP1 não diferiu quanto às proporções de cada classe de agregados, DMG e DMP em relação aos dois sistemas de cafeeiro (Tabela 3, C1). Já o solo sob ORG1 apresentou, em relação ao CON1, maior proporção de agregados maiores que 2 mm em relação ao CON1. Devido à maior agregação, o ORG1 também possui maiores valores de DMG e DMP (Tabela 3, C2). Na profundidade de 10-20 cm, o solo sob MP1 obteve quantidade superior de agregados maiores que 2 mm e quantidade inferior de agregados menores que 2 mm, em comparação ao ORG1 e CON1 e, conseqüentemente, devido a maior proporção de macroagregados, maiores valores de DMG e DMP (Tabela 3, C1). O solo sob ORG1 também apresentou, em relação ao CON1, maiores valores de DMG e DMP (Tabela 3, C2).

Os gráficos da Figura 1 ilustram as porcentagens de cada classe de agregado.



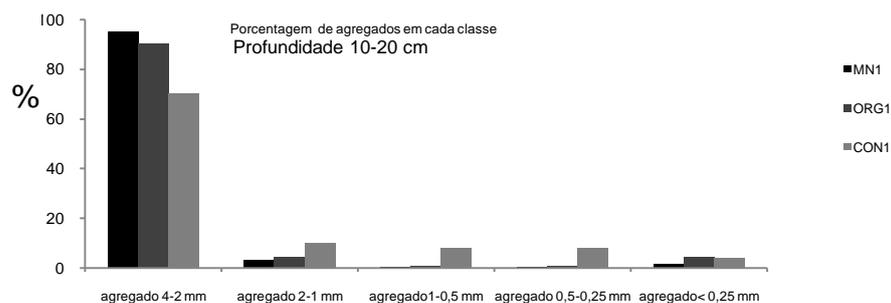


Figura 1. Porcentagem de agregados do solo em cada classe, na profundidade 0-10 e 10-20 cm referentes a propriedade 1. Mata Primária (MP1), Café Orgânica (ORG1) e Café Convencional (CON1).

Os resultados da resistência do solo à penetração (RP) se encontram na Figura 2. Observou-se de modo geral que RP seguiu a seguinte ordem: MP1 < ORG1 < CON1, sendo em todas as profundidades, encontrados valores inferiores a 2,5 MPa, valor este considerado crítico para o crescimento das culturas.

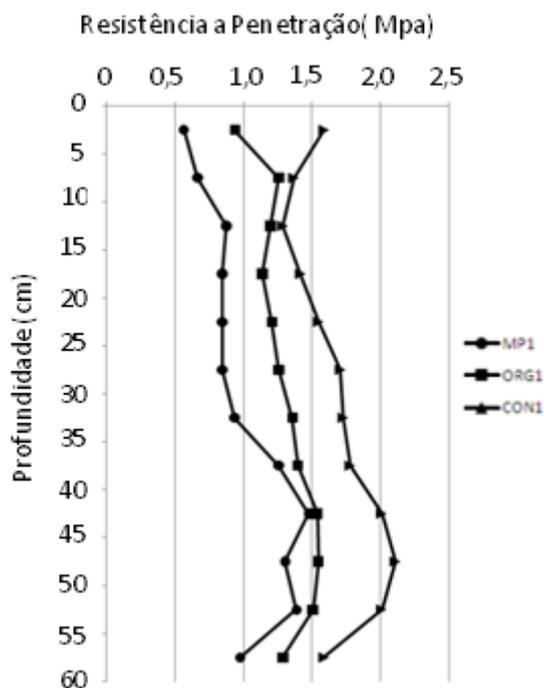


Figura 2. Resistência a Penetração (MPa) até 60 cm de profundidade referentes aos solos da propriedade 1. Mata Primária (MP1), Café Orgânica (ORG1) e Café Convencional (CON1).

Os valores de umidade do solo, que se constituem um dos principais fatores que influenciam na resistência do solo à penetração são apresentados na Tabela 4. Observa-se que a umidade do solo apresentou a seguinte tendência:

MP1> ORG1> CON1, percebendo-se uma relação inversa desta com a resistência do solo à penetração. Destaca-se também que o solo sob ORG1, com maiores teores de matéria orgânica, apresentou os maiores valores de umidade em relação ao solo sob CON1, evidenciando o quanto a matéria orgânica tem importância na retenção e armazenamento de água no solo.

Tabela 4. Umidade do solo em % dos diferentes sistemas de manejo de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico pertencente a propriedade 1 do território do Caparaó

| Sistemas/Contrastes | Profundidade (cm) | | | |
|---------------------|-------------------|----------|---------|---------|
| | 0-10 | 10-20 | 20-40 | 40-60 |
| MP1 | 28,56 | 29,15 | 28,49 | 28,95 |
| ORG1 | 21,19 | 24,65 | 25,03 | 25,67 |
| CON1 | 13,95 | 15,23 | 16,73 | 19,03 |
| C1 | 21,98 ** | 18,42 ** | 15,22 * | 13,20 * |
| C2 | 7,24 * | 9,42 * | 8,29 * | 6,64 # |

Mata Primária (MP1), Café Orgânica (ORG1) e Café Convencional (CON1). C1= (2MP1-ORG1-CON1), C2= (ORG1-CON1). ns, #, *, **: não-significativos, significativos a 15, 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste F.

3.2 Propriedade 2

Os dados referentes à textura, argila dispersa em água (ADA), grau de floculação (GF), densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), macroporosidade (Pmacro), microporosidade (Pmicro) e porosidade total (Ptotal) do solo para a propriedade 2 se encontram na Tabela 5. O solo sob MS2 apresentou, em relação aos sistemas sob café, maiores teores de areia fina e silte e menores teores de argila em todas as profundidades (Tabela 5, C3). Já o solo sob CON2 apresentou, em relação aos solos sob os três manejos cafeeiros orgânicos consorciados, menores quantidades de areia grossa e silte e maiores teores de argila em todas as profundidades (Tabela 5, C4). O solo sob ORG/IN/LE2 não apresentou diferença textural em comparação ao solo sob ORG/IN2 (Tabela 5, C5). Por sua vez, o solo sob ORG/CED2 apresentou, em comparação ao ORG/IN2 (Tabela 5, C6) e ao ORG/IN/LE2 (Tabela 5, C7), maiores teores argila e menores teores de areia grossa em todas as profundidades e teores inferiores areia fina nas profundidades 10-20, 20-40 e 40-60 cm.

Tabela 5. Médias, valores e significância dos contrastes da areia grossa (Ag), areia fina (Af), silte, argila, argila dispersa em água (ADA), grau de floculação (GF), densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), macroporosidade (Pmacro), microporosidade (Pmicro) e porosidade total (Ptotal) nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm da propriedade 2

| Sistemas/ Contrastes | Ag | Af | Silte g kg ⁻¹ | Argila | ADA | GF % | Ds kg dm ⁻³ | Dp | P macro | P micro m ³ m ⁻³ | P total |
|-------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|---|---------------------|
| 0-10 cm | | | | | | | | | | | |
| MS2 | 391,81 | 121,77 | 119,32 | 367,11 | 209,87 | 42,57 | 1,04 | 2,61 | 0,29 | 0,25 | 0,54 |
| ORG/IN2 | 419,13 | 89,24 | 66,98 | 424,65 | 310,00 | 26,65 | 1,22 | 2,60 | 0,28 | 0,27 | 0,55 |
| ORG/ING/LE2 | 454,78 | 72,65 | 73,24 | 399,33 | 273,33 | 31,67 | 1,16 | 2,62 | 0,30 | 0,27 | 0,57 |
| ORG/CED2 | 276,64 | 83,36 | 105,41 | 534,59 | 410,13 | 22,99 | 1,18 | 2,63 | 0,23 | 0,32 | 0,55 |
| CON2 | 323,43 | 85,88 | 81,21 | 512,49 | 414,53 | 19,49 | 1,08 | 2,64 | 0,24 | 0,32 | 0,56 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C3 | 93,25 ^{ns} | 155,95 [#] | 150,44 [*] | -401,63 ^{**} | -568,53 ^{**} | 69,47 ^{**} | -0,47 ^{**} | -0,05 ^{ns} | 0,11 ^{ns} | -0,18 ^{**} | -0,05 ^{ns} |
| C4 | -180,25 [#] | 12,38 ^{ns} | -1,99 ^{ns} | 178,89 [#] | 250,13 [*] | -22,85 [#] | -0,32 ^{**} | -0,09 ^{ns} | -0,09 ^{ns} | 0,10 [*] | 0,01 ^{ns} |
| C5 | 35,65 ^{ns} | -16,58 ^{ns} | 6,26 ^{ns} | -25,32 ^{ns} | -36,67 ^{ns} | 5,02 ^{ns} | -0,06 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 0,00 ^{ns} | 0,02 ^{ns} |
| C6 | 142,49 [*] | 5,88 ^{ns} | -33,44 [#] | -109,94 [*] | -100,13 [*] | 3,65 ^{ns} | 0,04 ^{ns} | -0,03 ^{ns} | 0,05 ^{ns} | -0,05 [*] | 0,00 ^{ns} |
| C7 | 178,14 ^{**} | -10,71 ^{ns} | -32,17 [#] | -135,27 ^{**} | -138,80 ^{**} | 8,67 [#] | -0,02 ^{ns} | -0,01 ^{ns} | 0,07 [*] | -0,05 [*] | 0,02 ^{ns} |
| 10-20 cm | | | | | | | | | | | |
| MS2 | 367,58 | 119,48 | 120,25 | 392,69 | 215,73 | 46,07 | 1,14 | 2,61 | 0,32 | 0,25 | 0,57 |
| ORG/IN2 | 369,18 | 107,37 | 71,57 | 350,79 | 312,80 | 30,78 | 1,17 | 2,57 | 0,30 | 0,27 | 0,57 |
| ORG/ING/LE2 | 403,76 | 96,24 | 65,02 | 434,99 | 336,80 | 22,66 | 1,11 | 2,73 | 0,27 | 0,27 | 0,54 |
| ORG/CED2 | 298,88 | 74,64 | 67,99 | 558,48 | 388,93 | 30,15 | 1,08 | 2,68 | 0,26 | 0,30 | 0,56 |
| CON2 | 310,06 | 97,73 | 56,38 | 535,83 | 433,87 | 19,24 | 0,99 | 2,69 | 0,26 | 0,31 | 0,57 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C3 | 88,42 ^{ns} | 101,93 [*] | 220,07 ^{**} | -309,32 [*] | -609,47 ^{**} | 81,45 ^{**} | 0,21 ^{ns} | -0,24 [#] | 0,19 ^{ns} | -0,15 [#] | 0,04 ^{ns} |
| C4 | -141,64 [#] | 14,94 ^{ns} | -35,44 [#] | 263,23 [#] | 263,07 ^{**} | -25,86 [*] | -0,39 [#] | 0,09 ^{ns} | -0,05 ^{ns} | 0,09 [#] | 0,04 ^{ns} |
| C5 | 34,58 ^{ns} | -11,13 ^{ns} | -6,55 ^{ns} | 84,20 ^{ns} | 24,00 ^{ns} | -8,12 ^{ns} | -0,06 ^{ns} | 0,16 ^{**} | -0,03 ^{ns} | 0,00 ^{ns} | -0,03 ^{ns} |
| C6 | 70,30 [*] | 32,72 [*] | 3,58 ^{ns} | -207,69 ^{**} | -76,13 [*] | 0,63 ^{ns} | 0,09 ^{ns} | -0,11 [#] | 0,04 ^{ns} | -0,03 [#] | 0,01 ^{ns} |
| C7 | 104,88 ^{**} | 21,59 [#] | -2,98 ^{ns} | -123,49 ^{**} | -52,13 [#] | -7,49 [#] | 0,03 ^{ns} | 0,05 ^{ns} | 0,01 ^{ns} | -0,03 [#] | -0,02 ^{ns} |
| 20-40 cm | | | | | | | | | | | |
| MS2 | 271,85 | 140,79 | 133,21 | 414,14 | 216,27 | 52,22 | 1,05 | 2,74 | 0,29 | 0,28 | 0,57 |
| ORG/IN2 | 322,75 | 90,09 | 72,37 | 514,79 | 386,67 | 25,04 | 1,13 | 2,66 | 0,29 | 0,27 | 0,56 |
| ORG/ING/LE2 | 325,50 | 87,25 | 78,26 | 508,98 | 375,47 | 26,25 | 1,13 | 2,69 | 0,29 | 0,27 | 0,56 |
| ORG/CED2 | 249,83 | 74,24 | 73,13 | 602,80 | 388,00 | 35,58 | 1,02 | 2,73 | 0,26 | 0,32 | 0,58 |
| CON2 | 265,05 | 85,82 | 66,80 | 582,33 | 414,67 | 28,95 | 1,01 | 2,71 | 0,24 | 0,35 | 0,59 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C3 | -75,75 ^{ns} | 225,7 ^{**} | 242,28 ^{**} | -392,34 ^{**} | -699,73 ^{**} | 93,08 ^{**} | -0,08 ^{ns} | 0,17 ^{ns} | 0,10 ^{ns} | -0,07 ^{ns} | 0,02 ^{ns} |
| C4 | -102,95 [#] | 5,89 ^{ns} | -23,36 ^{ns} | 120,42 [#] | 93,87 ^{ns} | -0,03 ^{ns} | -0,25 [#] | 0,06 ^{ns} | -0,12 [#] | 0,18 ^{**} | 0,07 ^{ns} |
| C5 | 2,75 ^{ns} | -2,84 ^{ns} | 5,89 ^{ns} | -5,81 ^{ns} | -11,20 ^{ns} | 1,21 ^{ns} | 0,00 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | 0,00 ^{ns} | 0,00 ^{ns} | 0,00 ^{ns} |
| C6 | 72,92 [*] | 15,85 [#] | -0,76 ^{ns} | -88,01 ^{**} | -1,33 ^{ns} | -10,55 [*] | 0,12 ^{ns} | -0,07 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | -0,05 [*] | -0,02 ^{ns} |
| C7 | 75,68 [*] | 13,01 [#] | 5,13 ^{ns} | -93,82 ^{**} | -12,53 ^{ns} | -9,34 [*] | 0,12 ^{ns} | -0,04 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | -0,05 [*] | -0,02 ^{ns} |

Tabela 5. Continuação.

| Sistemas/ Contrastes | Ag | Af | Silte g kg ⁻¹ | Argila | ADA | GF % | Ds kg dm ⁻³ | Dp | P macro | P micro m ³ m ⁻³ | P total |
|-------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|---|---------------------|
| 40-60 cm | | | | | | | | | | | |
| MS2 | 259,46 | 124,06 | 135,51 | 480,97 | 216,27 | 54,86 | 1,04 | 2,73 | 0,30 | 0,29 | 0,59 |
| ORG/IN2 | 309,89 | 81,25 | 75,99 | 526,85 | 362,93 | 31,05 | 1,13 | 2,70 | 0,28 | 0,30 | 0,58 |
| ORG/ING/LE2 | 299,42 | 87,26 | 80,01 | 524,66 | 374,06 | 28,65 | 1,07 | 2,73 | 0,29 | 0,28 | 0,57 |
| ORG/CED2 | 228,54 | 95,91 | 76,05 | 621,96 | 407,76 | 34,38 | 0,98 | 2,78 | 0,29 | 0,31 | 0,60 |
| CON2 | 270,19 | 73,45 | 60,95 | 587,61 | 398,00 | 32,09 | 1,03 | 2,68 | 0,21 | 0,37 | 0,58 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C3 | -70,20 ^{ns} | 158,3 ^{**} | 249,05 ^{**} | -337,20 ^{**} | -667,68 ^{**} | 93,27 ^{**} | -0,06 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 0,13 ^{ns} | -0,11 [#] | 0,03 ^{ns} |
| C4 | -27,28 ^{ns} | -12,87 ^{ns} | -49,22 [#] | 89,36 ^{ns} | 49,25 ^{ns} | 2,19 ^{ns} | -0,08 ^{ns} | -0,18 ^{ns} | -0,22 [*] | 0,22 ^{**} | -0,01 ^{ns} |
| C5 | -10,47 ^{ns} | 8,64 ^{ns} | 4,01 ^{ns} | -2,19 ^{ns} | 11,13 ^{ns} | -2,40 ^{ns} | -0,06 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | 0,10 [#] | -0,02 ^{ns} | -0,01 ^{ns} |
| C6 | 81,35 [*] | 13,82 [#] | -0,06 ^{ns} | -95,10 [*] | -44,82 [*] | -3,34 ^{ns} | 0,15 [*] | -0,08 ^{ns} | -0,10 [#] | -0,01 ^{ns} | -0,02 ^{ns} |
| C7 | 70,88 [#] | 22,46 [*] | 3,95 ^{ns} | -97,29 [*] | -33,70 [#] | -5,74 [#] | 0,09 ^{ns} | -0,05 ^{ns} | 0,00 ^{ns} | -0,03 ^{ns} | -0,03 ^{ns} |
| 60-100 cm | | | | | | | | | | | |
| MS2 | 239,55 | 120,73 | 137,09 | 502,72 | 204,53 | 59,22 | 1,07 | 2,82 | 0,30 | 0,27 | 0,57 |
| ORG/IN2 | 310,07 | 83,77 | 78,08 | 528,09 | 354,40 | 33,21 | 1,12 | 2,79 | 0,29 | 0,28 | 0,57 |
| ORG/ING/LE2 | 308,52 | 80,49 | 85,14 | 525,84 | 378,00 | 28,04 | 1,02 | 2,75 | 0,27 | 0,34 | 0,61 |
| ORG/CED2 | 222,56 | 72,89 | 77,66 | 626,90 | 383,79 | 38,76 | 1,02 | 2,79 | 0,33 | 0,28 | 0,61 |
| CON2 | 220,67 | 78,04 | 70,90 | 630,39 | 426,95 | 32,08 | 1,01 | 2,72 | 0,36 | 0,22 | 0,58 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | | | | | |
| C3 | -103,61 ^{ns} | 167,7 ^{**} | 236,61 ^{**} | -300,32 [*] | -725,01 ^{**} | 104,8 ^{**} | 0,11 ^{ns} | 0,21 ^{ns} | -0,06 ^{ns} | -0,05 ^{ns} | -0,09 ^{ns} |
| C4 | -179,13 [#] | -3,03 ^{ns} | -28,18 ^{ns} | 210,33 [*] | 164,66 [#] | -3,76 ^{ns} | -0,12 ^{ns} | -0,18 ^{ns} | 0,19 ^{**} | -0,24 ^{**} | -0,05 ^{ns} |
| C5 | -1,55 ^{ns} | -3,28 ^{ns} | 7,07 ^{ns} | -2,24 ^{ns} | 23,60 ^{ns} | -5,17 ^{ns} | -0,10 ^{ns} | -0,04 ^{ns} | -0,02 ^{ns} | 0,06 [#] | 0,04 ^{ns} |
| C6 | 87,51 [*] | 10,88 ^{ns} | 0,42 ^{ns} | -98,81 [*] | -29,39 ^{ns} | -5,56 ^{ns} | 0,10 ^{ns} | 0,00 ^{ns} | -0,04 [*] | 0,00 ^{ns} | -0,04 ^{ns} |
| C7 | 85,97 [*] | 7,60 ^{ns} | 7,48 ^{ns} | -101,06 [*] | -5,79 ^{ns} | -10,73 [*] | 0,00 ^{ns} | -0,04 ^{ns} | -0,06 ^{**} | 0,06 [#] | 0,00 ^{ns} |

Mata Secundária (MS2), Café Orgânico consorciado com ingá (ORG/IN2), Café Orgânico consorciado com ingá e leucena (ORG/IN/LE2), Café Orgânico consorciado com cedro (ORG/CED2), Café Convencional (CON2). C3= (4MS2- ORG/IN2- ORG/IN/LE2- ORG/CED2-CON2), C4= (3CON2- ORG/IN2- ORG/IN/LE2- ORG/CED2), C5= (ORG/IN/LE2- ORG/IN2), C6= (ORG/IN2- ORG/CED2) e C7= (ORG/IN/LE2- ORG/CED2). ns, #, *, **: não-significativos, significativos a 15, 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste F.

O solo sob MS2 apresentou teores inferiores de ADA em todas as profundidades quando comparado aos manejos sob cafeeiro, tendo como consequência valores de GF superiores (Tabela 5, C3). O solo sob CON2 obteve, em relação aos cafeeiros orgânicos, maiores teores de ADA nas profundidades 0-10, 10-20 e 60-100 cm e menores de GF nas profundidades 0-10 e 10-20 cm (Tabela 5, C4).

Para os sistemas orgânicos, a não significância textural entre ORG/IN/LE2 e ORG/IN2 também foi observada para a ADA e GF (Tabela 5, C5). O solo sob ORG/CED2 apresentou, em comparação ao ORG/IN2 (Tabela 5, C6) e ao ORG/IN/LE2 (Tabela 5, C7) maiores teores de ADA nas profundidades 0-10, 10-20 e 40-60 cm, sendo obtidos menores GF no ORG/CED2 apenas em relação ao ORG/IN/LE2 (Tabela 5, C7).

Em relação à Ds, o solo sob MS2 apresentou densidade inferior em relação aos manejos sob cafeeiro apenas na profundidade 0-10 cm (Tabela 5, C3). O solo sob CON2 obteve nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm valores de Ds inferiores em comparação aos três sistemas orgânicos (Tabela 5, C4). Dentre os sistemas orgânicos, somente entre ORG/IN2 e ORG/CED2 ocorreu diferença significativa na Ds, sendo esta superior na presença do ingá na profundidade de 40-60 cm (Tabela 5, C6).

Para a Dp, ocorreram diferenças somente na profundidade 10-20 cm, sendo que o solo sob MS2 apresentou menor Dp em relação aos solos sob cafeeiros (Tabela 5, C3) e os solos sob ORG/IN/LE2 e ORG/CED2 obtiveram maior Dp em comparação ao ORG/IN2 (Tabela 5, C5 e C6).

Com relação à Ptotal não ocorreram diferenças entre os tratamentos em todas as profundidades, no entanto, ocorreram variações da Pmacro e Pmicro. O solo sob MS2 apresentou menor Pmicro em comparação aos sistemas sob cafeeiro nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm (Tabela 5, C3). O solo sob CON2 apresentou, em relação aos manejos orgânicos, menor valor de Pmacro nas profundidades 20-40, 40-60 cm e maior Pmicro até 60 cm de profundidade,

sendo que na profundidade 60-100 cm ocorreu efeito inverso, ou seja, o solo sob CON2 apresentou maior valor de Pmacro e menor de Pmicro (Tabela 5, C4).

Entre os sistemas orgânicos, observou-se aumento do valor de Pmacro na profundidade 40-60 cm e de Pmicro na profundidade 60-100 cm no solo sob ORG/IN/LE2 em comparação ao solo sob ORG/IN2 (Tabela 5, C5). O solo sob ORG/IN2 apresentou, em relação ao solo sob ORG/CED2, redução do valor de Pmacro nas profundidades 40-60 e 60-100 cm e de Pmicro nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm (Tabela 5, C6). O solo sob ORG/IN/LE2 obteve, em comparação ao solo sob ORG/CED2, aumento do valor de Pmacro na profundidade 0-10 cm e redução em 60-100 cm, já para Pmicro o solo sob ORG/IN/LE2 apresentou redução de valores nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm e aumento em 60-100 cm (Tabela 5, C7).

Os dados referentes à proporção de cada classe de agregados se encontram na Tabela 6.

Tabela 6. Valores médios e significância dos contrastes da proporção de cada classe de agregados em %, diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP) do solo nas profundidades 0-10 e 10-20 cm

| Sistemas/ Contrastes | 4-2 mm | 2-1 mm | 1-0,5 mm | 0,5-0,25 mm | <0,25 mm | DMG | DMP |
|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 0-10 cm | | | | | | |
| MS2 | 95,43 | 2,25 | 0,46 | 0,71 | 1,16 | 2,79 | 2,9 |
| CON2 | 83,77 | 5,84 | 4,73 | 4,33 | 1,33 | 2,38 | 2,65 |
| ORG/IN2 | 79,74 | 6,29 | 5,81 | 5,05 | 3,11 | 2,19 | 2,55 |
| ORG/IN/LE2 | 91,06 | 3,48 | 2,45 | 1,96 | 1,04 | 2,64 | 2,81 |
| ORG/CED2 | 64,57 | 10,26 | 8,84 | 10,09 | 6,23 | 1,70 | 2,20 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | |
| C3 | 62,58 ** | -16,87 * | -19,99 ** | -18,59 * | -7,07 ^{ns} | 2,25 ** | 1,39 ** |
| C4 | 15,94 ^{ns} | -2,51 ^{ns} | -2,91 ^{ns} | -4,11 ^{ns} | -6,39 # | 0,61 ^{ns} | 0,39 ^{ns} |
| C5 | 11,32 # | -2,81 ^{ns} | -3,36 # | -3,09 ^{ns} | -2,07 ^{ns} | 0,45 * | 0,26 # |
| C6 | 15,17 * | -3,97 # | -3,03 # | -5,04 * | -3,12 # | 0,49 * | 0,35 * |
| C7 | 26,49 ** | -6,78 * | -6,39 ** | -8,13 ** | -5,19 ** | 0,94 ** | 0,61 ** |
| 10-20 cm | | | | | | | |
| MS2 | 97,52 | 1,09 | 0,32 | 0,35 | 0,73 | 2,88 | 2,78 |
| CON2 | 62,4 | 13,18 | 11,84 | 9,62 | 2,96 | 1,77 | 2,20 |
| ORG/IN2 | 53,35 | 17,33 | 12,28 | 11,33 | 5,71 | 1,54 | 2,00 |
| ORG/IN/LE2 | 63,82 | 10,86 | 11,67 | 10,07 | 3,59 | 1,73 | 2,21 |
| ORG/CED2 | 66,38 | 13,52 | 10,18 | 8,14 | 1,78 | 1,91 | 2,30 |
| Contrastes Ortogonais | | | | | | | |
| C3 | 144,13 ** | -50,53 ** | -44,69 ** | -37,76 ** | -11,12 # | 4,57 ** | 2,41 ** |
| C4 | 3,65 ^{ns} | -2,17 ^{ns} | 1,39 ^{ns} | -0,68 ^{ns} | -2,20 ^{ns} | 0,13 ^{ns} | 0,09 ^{ns} |
| C5 | 10,47 ^{ns} | -6,47 * | -0,61 ^{ns} | -1,26 ^{ns} | -2,12 ^{ns} | 0,19 ^{ns} | 0,21 ^{ns} |
| C6 | -13,03 # | 3,81 ^{ns} | 2,10 ^{ns} | 3,19 ^{ns} | 3,93 # | -0,37 # | -0,30 # |
| C7 | -2,56 ^{ns} | -2,66 ^{ns} | 1,49 ^{ns} | 1,93 ^{ns} | 1,81 ^{ns} | -0,18 ^{ns} | -0,09 ^{ns} |

Mata Secundária (MS2), Café Orgânico consorciado com ingá (ORG/IN2), Café Orgânico consorciado com ingá e leucena (ORG/IN/LE2), Café Orgânico consorciado com cedro (ORG/CED2), Café Convencional (CON2). C3= (4MS2-

ORG/IN2- ORG/IN/LE2- ORG/CED2-CON2), C4= (3CON2- ORG/IN2- ORG/IN/LE2- ORG/CED2), C5= (ORG/IN/LE2- ORG/IN2), C6= (ORG/IN2- ORG/CED2) e C7= (ORG/IN/LE2- ORG/CED2). ns, #, *, ** : não-significativos, significativos a 15, 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste F.

Para a profundidade de 0-10 cm, o solo sob MS2 apresentou, em relação aos sistemas sob cafeeiro, maior quantidade de agregados na classe 4-2 mm e quantidades inferiores nas classes de 2-1, 1-0,5 e 0,5-0,25 mm, apresentando também maiores valores de DMG e DMP (Tabela 6, C3). Por sua vez, os sistemas orgânicos apresentaram maior quantidade de microagregados (agregados <0,25 mm) em relação ao solo sob CON2 (Tabela 6, C4). O solo sob ORG/IN/LE2 obteve, em relação ao solo sob ORG/IN2, quantidade superior de agregados na classe 4-2 mm e inferior na classe 1-0,5 mm, apresentando também maiores valores de DMG e DMP (Tabela 6, C5). Tanto o solo sob ORG/IN2 quanto o solo sob ORG/IN/LE2 obtiveram, em relação ao solo sob ORG/CED2, quantidade superior de agregados na classe 4-2 mm e menores quantidades nas demais classes, obtendo também maiores valores de DMG e DMP (Tabela 6, C6 e C7).

Para a profundidade de 10-20 cm, o solo sob MS2 apresentou, em relação aos sistemas sob cafeeiro, maior quantidade de agregados na classe 4-2 mm e quantidades inferiores nas demais classes, obtendo também maiores valores de DMG e DMP (Tabela 6, C3). Já os sistemas orgânicos não diferiram quanto às quantidades de agregados em cada classe em relação ao solo sob CON2 (Tabela 6, C4). Dentre os sistemas orgânicos, o ORG/IN/LE2 obteve menor quantidade de agregados da classe 2-1 mm em relação ao ORG/IN2 (Tabela 6, C5). Já o solo sob ORG/IN2 obteve menor quantidade de agregados da classe 4-2 mm e maior quantidade de microagregados, possuindo também menores valores de DMG e DMP (Tabela 6, C6). As proporções de agregados em cada classe no solo sob ORG/IN/LE2 não diferiram em relação ao solo sob ORG/CED2 (Tabela 6, C7).

Os gráficos da Figura 3 ilustram as porcentagens de cada classe de agregado.

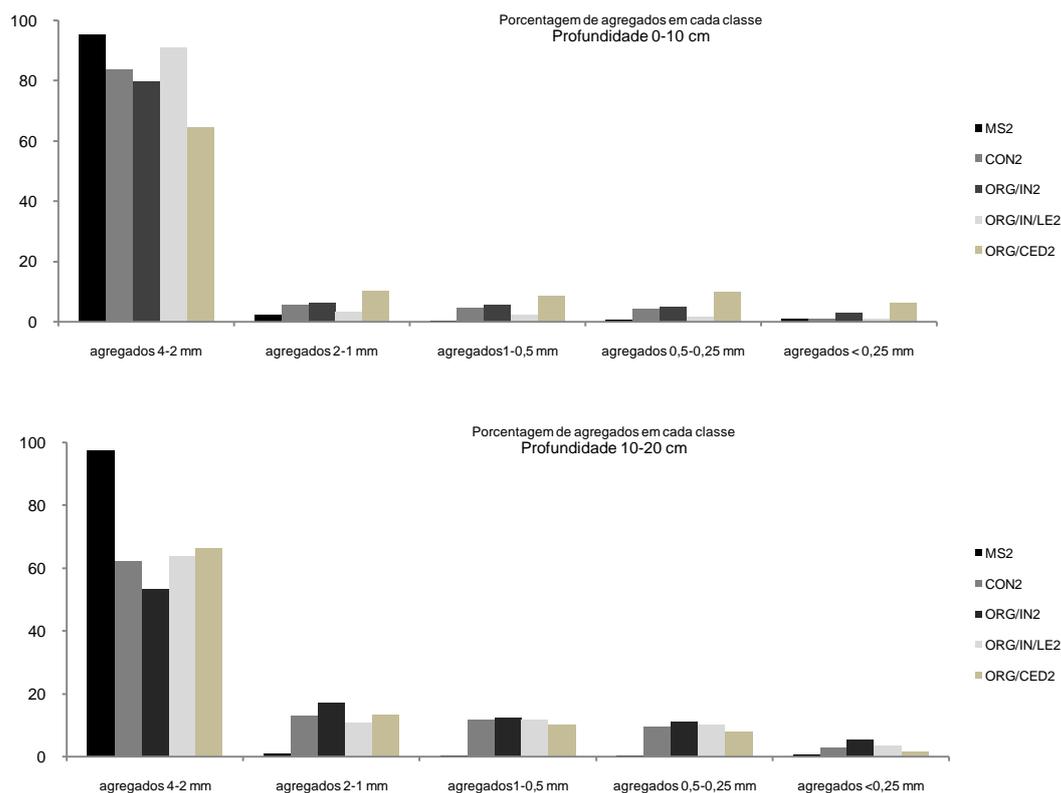


Figura 3. Porcentagem de agregados em cada classe na profundidade 0-10 cm e 10-20 cm referentes a propriedade 2. Mata Secundária (MS2), Café Orgânico consorciado com ingá (ORG/IN2), Café Orgânico consorciado com ingá e leucena (ORG/IN/LE2), Café Orgânico consorciado com cedro (ORG/CED2), Café Convencional (CON2).

Os resultados de resistência do solo à penetração (RP) se encontram na Figura 4. Observou-se, de modo geral, que a RP nos solos sob MS2 e CON2 obtiveram o mesmo comportamento, apresentando valores altos nas profundidades abaixo de 5 cm, principalmente na mata que passou de 1 MPa na profundidade 0-5 cm para 4 MPa em 15-20 cm. Diferentemente, os manejos orgânicos inicialmente apresentaram RP próximo a 2 MPa, obtendo nas camadas abaixo de 10 cm valores entre 1 e 2 MPa.

Conforme comentado anteriormente, a umidade do solo é um dos principais fatores que afetam a RP, cujos valores são apresentados na Tabela 7. Observa-se que a umidade do solo na mata foi inferior em relação ao solo sob cafeeiros em todas as profundidades (Tabela 7, C3). Menores teores de umidade também foram verificados no cafeeiro convencional em aos sistemas orgânicos arborizados (Tabela 7, C4). Dentre os sistemas orgânicos, destaque

para o ORG/CED2 que apresentou em relação ao ORG/IN2 e ORG/IN/LE2 maiores teores de umidade (Tabela 7, C6 e C7).

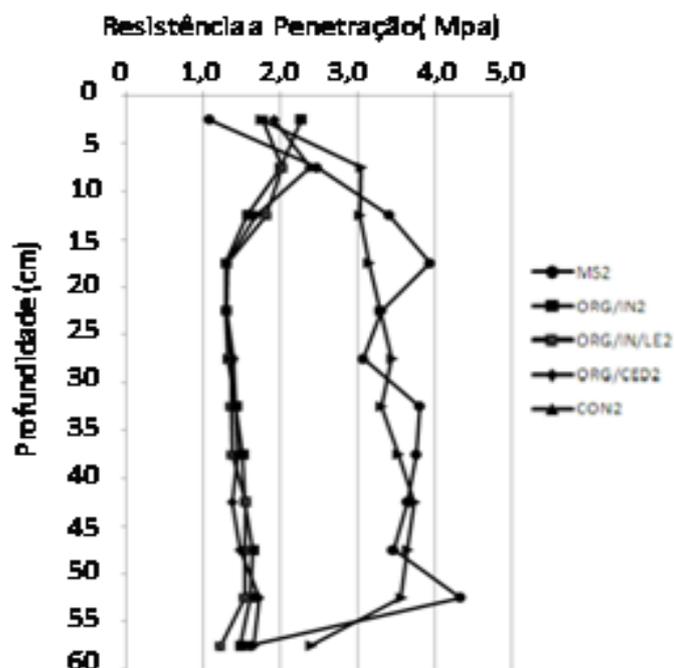


Figura 4. Resistência a Penetração (MPa) até 60 cm de profundidade referentes aos solos da propriedade 2. Mata Secundária (MS2), Café Orgânico consorciado com ingá (ORG/IN2), Café Orgânico consorciado com ingá e leucena (ORG/IN/LE2), Café Orgânico consorciado com cedro (ORG/CED2), Café Convencional (CON2).

Tabela 7. Valores médios e significância dos contrastes da umidade do solo em % dos diferentes sistemas de manejo de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico pertencente a propriedade 2 do território do Caparaó

| Sistemas/Contrastes | Profundidade (cm) | | | |
|---------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 0-10 | 10-20 | 20-40 | 40-60 |
| MS2 | 8,78 | 9,85 | 10,81 | 14,23 |
| ORG/IN2 | 14,87 | 14,23 | 15,21 | 18,03 |
| ORG/IN/LE2 | 15,84 | 14,69 | 14,13 | 16,13 |
| ORG/CED2 | 17,75 | 19,36 | 20,17 | 20,10 |
| CON2 | 8,16 | 8,65 | 10,41 | 9,98 |
| C3 | -21,46 ** | -17,53 ** | -16,68 ** | -7,24 # |
| C4 | -23,94 ** | -22,34 ** | -18,29 ** | -24,22 ** |
| C5 | 0,93 ns | 0,47 ns | -1,08 ns | -1,90 # |
| C6 | -2,88 # | -5,14 ** | -4,96 * | -1,97 # |
| C7 | -1,95 ns | -4,67 ** | -6,04 ** | -3,97 ** |

Mata Secundária (MS2), Café Orgânico consorciado com ingá (ORG/IN2), Café Orgânico consorciado com ingá e leucena (ORG/IN/LE2), Café Orgânico consorciado com cedro (ORG/CED2), Café Convencional (CON2). C3= (4MS2-ORG/IN2- ORG/IN/LE2- ORG/CED2-CON2), C4= (3CON2- ORG/IN2- ORG/IN/LE2- ORG/CED2), C5= (ORG/IN/LE2-ORG/IN2), C6= (ORG/IN2- ORG/CED2) e C7= (ORG/IN/LE2- ORG/CED2). ns, #, *, **: não-significativos, significativos a 15, 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste F.

4-DISCUSSÃO

Nos três sistemas de manejo da propriedade 1 e nos sistemas MS2, ORG/IN2 e ORG/IN/LE2 da propriedade 2, o solo obteve classe textural argilosa e no ORG/CED2 e CON2 a classe textural foi muito argilosa no horizonte subsuperficial 60-100 cm. Os maiores teores de argila na MP1 demonstram que os cultivos subsequentes ao desmatamento ocasionaram perda de argila.

A maior dispersão da argila nos sistemas sob cafeeiro convencional pode estar relacionada às adubações e calagens (ver Tabela 2, capítulo 1) que deixam o complexo sortivo dominado por íons Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} que possuem menor poder floculante em relação ao Al^{3+} , concorrendo também para aumentar a dispersão das argilas (Nunes et al., 2010). Também os maiores teores de óxidos de ferro e alumínio em subsuperfície contribuem para o maior grau de floculação (Alleoni & Camargo, 1994)

Oliveira et al. (2008) observaram alta correlação entre os valores de COT e de GF, sendo positiva na camada superficial e negativa na camada subsuperficial. Esse comportamento está ligado à menor quantidade de matéria orgânica em subsuperfície e menor densidade de cargas negativas, favorecendo menor repulsão entre partículas com mesmo campo elétrico, promovendo maior união entre elas. Assim, o GF em subsuperfície é superior do que a camada superficial. No presente estudo, o GF da camada 60-100 cm foi superior ao GF da profundidade 0-10 cm (maior teor de COT) evidenciando que a menor densidade de cargas negativas em subsuperfície ($> \Delta \text{pH}$) promoveu um maior GF.

Principalmente na propriedade 2, os dados revelam a fragilidade dos sistemas sob cafeeiro que obtiveram valores de GF inferiores a 40%. Aguiar (2008), em Latossolo Vermelho Amarelo argiloso, relatou que o solo sob mata secundária apresentou, em comparação ao sob cafeeiro agroflorestal e convencional, quantidades inferiores de ADA nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm, obtendo, respectivamente, GF de 96, 96 e 94 %. Também, nessas três profundidades, o solo sob sistema cafeeiro agroflorestal apresentou teor inferior

de ADA em relação ao cafeeiro a pleno sol, tendo o solo sob cafeeiro agroflorestal apresentado valores de GF igual a 95, 92 e 93% para as profundidades 0 -10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente.

Para a porosidade, a maior P_{macro} no solo sob MP1 resultou em maior P_{total} em relação aos cafeeiros evidenciando que a introdução dos cultivos provocou redução da P_{total} . Aguiar (2008) também verificou redução da P_{total} com a introdução dos cultivos dos cafeeiros e relatou que parte da P_{macro} foi transformada em P_{micro} , no entanto, no presente estudo isso não pode ser afirmado, pois não ocorreram diferenças da P_{micro} entre os sistemas. Para o solo sob ORG1, a maior P_{micro} em todas as profundidades foi a responsável pela maior P_{total} em relação ao solo sob CON1.

Os sistemas arborizados contribuíram para o aumento dos valores de P_{macro} e redução da P_{micro} no solo em relação ao sistema convencional, sendo que o efeito negativo no sistema de manejo do café convencional sobre a macroporosidade do solo pode estar relacionado com a calagem, ao baixo aporte orgânico e à erosão por salpicamento. Theodoro et al. (2003) documentaram que cafeeiros sob sistema orgânico mantêm valores de P_{macro} e P_{micro} próximos dos observados no solo sob mata.

Segundo Kiehl (1979), um solo em condições ideais deve apresentar um terço da porosidade total formada por macroporos e os dois terços restantes por microporos, sendo a relação ideal P_{macro}/P_{micro} igual a 0,5. O autor ainda comenta que a maioria das plantas cresce satisfatoriamente seu sistema radicular quando volume de macroporos está acima de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, que é o valor considerado limite da porosidade de aeração. Assim, considerando esses pressupostos de Kiehl (1979) todos os sistemas obtiveram valores de macroporos acima de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, no entanto, devido à alta macroporosidade e microporosidade baixa, a relação P_{macro}/P_{micro} igual a 0,5 não foi atingida.

No presente estudo, os valores de P_{total} foram próximos de $0,60 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. De acordo com Kiehl (1979), valores ideais para a P_{micro} seriam próximos a 0,40

m^3m^{-3} , já que os microporos são os responsáveis pela retenção de água no solo e recarga dos lençóis freáticos (Oliveira et al., 2004). Dessa forma, Gontijo et al.(2008) e Resende et al. (2007) relatam que em Latossolos mais intemperizados, que possuem baixos valores de P_{micro} , e, conseqüentemente, menor capacidade de armazenamento de água, a compactação desses solos, dentro de certos limites, poderia ser benéfica em termos de maior retenção de água, pela transformação de parte dos macroporos em microporos.

A redução da porosidade total do solo sob CON1 condicionou maiores valores de densidade do solo. Gontijo et al.(2008) verificaram que além da transformação de P_{macro} em P_{micro} , ocorreu também redução da porosidade total que foi a responsável pela maior densidade do solo tanto na linha de tráfego quanto na projeção da copa do cafeeiro convencional em relação à mata. No entanto, na propriedade 2 não foram observadas diferenças para a P_{total} , mas o solo sob CON2 apresentou menor densidade em relação aos sistemas orgânicos. Theodoro et al. (2003) documentaram valores de D_s iguais a $1,27 \text{ kg dm}^{-3}$ para o solo sob cafeeiro orgânico, ainda que não se tenha diferido significativamente do solo sob mata e cafeeiro convencional que apresentaram D_s de $1,20 \text{ kg dm}^{-3}$.

Nunes et al. (2010), trabalhando com Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso da Zona da Mata Mineira,verificaram na profundidade 0-10 cm que o cafeeiro convencional cultivado a 16 e 22 anos apresentaram, respectivamente, valores de D_s de 1,12 e $1,27 \text{ kg dm}^{-3}$,valores estes superiores quando comparado aos do solo sob mata secundária de 30 e 40 anos que apresentaram respectivamente valores de D_s de 1,02 e $0,98 \text{ kg dm}^{-3}$. Os autores atribuem que o aumento da D_s e redução da P_{total} estejam relacionados com o constante processo de umedecimento e secagem e ao impacto de gotas de chuvas sobre a superfície do solo que favorecem a desagregação e remoção de partículas, contribuindo para a translocação de partículas mais finas para os horizontes inferiores causando entupimento dos poros.

Matiello et al. (2005), em estudo com mudas de cafeeiro arábica em vasos, notaram que as raízes foram capazes de ultrapassar camadas de solo com D_s até $1,20 \text{ kg dm}^{-3}$, enquanto que para valores de D_s variando de $1,20$ a $1,35 \text{ kg dm}^{-3}$ apenas algumas raízes conseguiram penetrar o solo. Assim, considerando essa faixa crítica de D_s não haveria problemas de penetração radicular, pois todos os sistemas apresentaram valores de D_s inferiores a $1,20 \text{ kg dm}^{-3}$. No entanto, para a propriedade 2 observou-se valores altos de resistência do solo à penetração tanto na MS2 quanto no CON2, sendo que esses resultados estão relacionados a baixa umidade do solo quando se realizou a análise no campo que ocorreu em período seco. Ainda, na MS2 observou-se a presença de grande quantidade de raízes o que pode ter dificultado o uso do penetrômetro e ter favorecido para a obtenção dos altos valores deste atributo.

Os valores de umidade do solo mostraram-se abaixo dos valores do intervalo considerado ideais para mensuração da RP (25 a 35 %) em solos de textura média a argilosa, o que possivelmente pode explicar a maior variação dos valores obtidos. Teores de água abaixo do nível ótimo para mensuração tendem a tornar os valores de RP maiores do que realmente são além de diminuir a homogeneidade dos dados obtidos (Orlando et al., 2000).

Aguiar (2008) também documentou menor umidade do solo na mata secundária em relação aos cafeeiros agroflorestal e convencional, no entanto, a RP no solo sob mata foi inferior. Valores de RP de $2,0 \text{ MPa}$ tem sido o mais indicado na literatura como impeditivo ao desenvolvimento radicular das maioria das culturas (Tormena et al., 1998). No entanto, considerando-se que a RP obtida com o penetrômetro é normalmente maior que a resistência real do solo imposta as raízes e que existem pontos no solo de menor RP, os valores obtidos não foram restritivos ao desenvolvimento radicular. Ainda, Effgen et al. (2012) detectaram para cafeeiros cultivados em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico valores acima de $5,1 \text{ MPa}$ na profundidade de 20-40 cm, considerados restritivos ao desenvolvimento cafeeiro conforme Camargo e Alleoni (1997), valores estes superiores aos relatados no presente estudo.

Aguiar (2008) documentou valores de RP intermediário do cafeeiro agroflorestal em relação à mata secundária e café convencional. A autora relatou valor máximo de RP no período seco de 3,8 e 4,5 MPa, respectivamente, para os solos sob cafeeiro agroflorestal e convencional, enquanto no solo sob mata a maior RP no período seco foi de 2,1 MPa. Tal comportamento foi verificado no cafeeiro orgânico, mostrando que esse sistema pode ser um indicativo de recuperação da estrutura do solo.

Dessa forma, o maior valor de RP no solo sob CON2 se deve à menor umidade do solo, já que não ocorreu diferença na porosidade total entre os sistemas e a Ds no solo sob CON2 foi inferior em relação aos solos sob sistemas orgânicos arborizados. Assim, a maior umidade do solo nos sistemas orgânicos consorciados em relação ao sistema convencional mostra a importância do sombreamento no solo para a maior umidade no período seco. A fitomassa influencia nas propriedades do solo, uma vez que atua como isolante entre o solo e a atmosfera. Solos com boa cobertura impedem ou diminuem a ação direta das gotas de chuva, mantêm mais uniforme a umidade e temperatura, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular e contribuindo para a criação de um ambiente mais favorável à sua agregação (Campos et al., 1999, Nunes et al., 2010). Devido a essas características, a maior agregação ocorreu nas áreas mais ocupadas com árvores, ou seja, nos sistemas MP1, MS2 e ORG/IN/LE2.

A alta agregação no solo sob ORG1 em relação ao CON1 é influência tanto da adubação orgânica quanto da reposição dos resíduos vegetais que retornam para a projeção da copa após as capinas, arruação e colheita, já que essas atividades não são realizadas no cafeeiro convencional.

Contudo, apesar do maior aporte de MO, do maior teor e estoque de C e da maior quantidade de cargas negativas nos sistemas orgânicos arborizados estes não apresentaram maior agregação em relação ao cafeeiro convencional. Ressalta-se que essa similaridade ocorreu devido à baixa agregação no solo sob ORG/CED2, acarretando a redução dos valores médios dos agregados de

maior tamanho dos sistemas orgânicos. No entanto, a agregação no solo sob sistema ORG/IN/LE2 > ORG/IN2 > ORG/CED2, sendo a agregação do solo sob ORG/IN/LE2 próxima a MS2 e superior ao CON2 identificando, que quanto mais arborizado é o sistema, maior a proteção da área e conseqüentemente maior a agregação.

A maior arborização proporciona maior quantidade de MO que através da sua decomposição pela ação da biota do solo, resulta na formação de inúmeros compostos importantes na cimentação e estabilização de agregados (Nunes et al., 2010). Os sistemas arborizados apresentam maior quantidade de raízes que, por meio de efeito físico, favorecem a formação, manutenção e o tamanho dos agregados, além da ação das micorrizas associadas (Moreira & Siqueira, 2006).

Nunes et al. (2010) corroborando com os resultados do presente estudo, documentaram que a maior agregação do solo ocorreu nas áreas de mata em relação ao cafeeiro convencional cultivado a 22 anos. Os autores mencionaram, através de correlação, que os maiores teores de COT proporcionam maior agregação do solo.

Devido à maior agregação nos sistemas orgânicos em relação ao sistema convencional, os valores de DMP e DMG nos solos sob manejo orgânico foram superiores. Os valores de DMP e DMG em todos os sistemas foram superiores aos relatados por Wendling et al. (2005) e Castro Filho et al. (1998). Estes elevados resultados se devem a maior proporção de agregados na classe na classe 4-2 mm, uma vez que DMP é tanto maior quanto maior for a percentagem de agregados de maior tamanho e o DMG representa uma estimativa da classe de agregados de maior ocorrência (Castro Filho et al., 1998). Assim, os manejos cafeeiros, principalmente os orgânicos, sugerem boa resistência dos agregados do solo à ação da água.

5-CONCLUSÕES

O sistema orgânico e orgânico consorciados com ingá e leucena apresentaram maior agregação, diâmetro médio ponderado e geométrico e menor resistência do solo a penetração quando comparado aos sistemas cafeeiros convencionais.

Os manejos orgânicos promoveram melhoria na qualidade física do solo em relação ao manejo convencional.

O solo sob cafeeiro orgânico sem árvores apresentou menor densidade do solo, maior microporosidade e porosidade total em relação ao convencional.

Não ocorreram diferenças na porosidade total entre os sistemas arborizados e o convencional.

6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, M. I. **Qualidade Física do Solo em Sistemas Agroflorestais**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa- UFV, 2008. 89p.
- ALCÂNTARA, E. N.; FERREIRA, M. M. Efeitos de métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.711-721, 2000.
- ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, O. A. Atributos físicos de Latossolos ácricos do norte paulista. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.51, p.321-326, 1994.
- BENITES, V. M.; MOUTTA, R. O.; COUTINHO, H. L. C.; BALIEIRO, F. C. Análise discriminante de solos sob diferentes usos em área de mata atlântica a partir de atributos da matéria orgânica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.4, p.685-690, 2010.
- CAMARGO, O. A. de; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1997. 132p.
- CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L. C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.383-391, 1999.
- CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutura de um Latossolo Vermelho- Escuro distrófico após sete anos de anos de rotação de culturas e sistema de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.121-126.1995.
- CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1153-1155, 2004b.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo de amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.527-538, 1998.
- CRUZ, A. C. R.; PAULETO, E. A.; FLORES, C. A.; SILVA, J. B. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1105-1112, 2003.
- EFFGEN, T. A. M.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F.V.; LIMA, J. S de S.; REIS, E. F.; BORGES, E. N. Propriedades físicas do solo em função de manejos em lavouras de cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, v.59, p.414-421, 2012.

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

GONTIJO, I.; JUNIOR, M. S. D.; GUIMARAES, P. T. G. ; ARAUJO-JUNIOR, C. F. Atributos físico-hídricos de um Latossolo de cerrado em diferentes posições de amostragem na lavoura cafeeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2227-2234, 2008.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregation. In: BLACK, C.A. (Ed.) *Methods of soil analysis; physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sapling*. **Madison: American Society of Agronomy**, 1965, p.499-510.

KIEHL, E. L. **Manual de edafologia**. São Paulo, Ceres, 1979. 262p.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R., GARCIA, A. W. R., ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil**: novo manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFE, 2005, 438p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed.Lavras: UFLA, 2006. 135p.

NUNES, L. A. P. L.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I.; BARROS, N. F. Atributos físicos do solo em área de monocultivo de cafeeiro na zona da mata de Minas Gerais. **Bioscience Journal**, v.26, n.1, p.71-78, 2010.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; CURI, N. & RESCK, D. V. S. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.327-336, 2004.

OLIVEIRA, J. T.; MOREAU, A. M. S. S.; PAIVA, A. Q.; MENEZES, A. A.; COSTA, O. V. Características físicas e carbono orgânico de solos sob diferentes tipos de uso da terra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2821-2829, 2008.

OLIVEIRA JUNIOR, A. C.; SILVA, C. A.; CURI, N.; GUILHERME, L. R. G.; RANGEL, O. J. P. Indicadores Químicos de Qualidade da Matéria Orgânica de Solo da Sub-Bacia do Rio das Mortes Sob Manejos Diferenciais de Cafeeiros. **Química Nova**, v.31, n.7, p.1733-1737, 2008.

ORLANDO, R. C.; VIEIRA, L. B.; MARCIANO, C. Análise da variabilidade do índice de cone para diferentes níveis de teor de água do solo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.8, n.3, p.182-185, 2000.

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

RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.297-300, 2005.

SIX, J.; PAUSTIAN, K. ELLIOT, E.T.; COMBRINK, C. Soil structure and organic matter: distribution of aggregate-size classes and aggregate associated carbon. **Soil Science Society America Journal**, v.64, p.681-689, 2000.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto de resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.229-235, 1991.

THEODORO, V. C. A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES R. J. ; SOUZA, C. A. S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1039-1047, 2003.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDE, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.573-581, 1998.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.487-495, 2005.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pesquisadores da área de ciência do solo reconhecem a importância e os benefícios da matéria orgânica nos processos químicos, físicos e biológicos do solo. Porque então não orientar produtores rurais que possuem fontes de matéria orgânica na propriedade a utilizá-la no seu sistema de produção? Porque muitos produtores ainda insistem apenas na utilização de adubos químicos? As informações apresentadas adiante evidenciam que o manejo orgânico proporcionou, em relação ao manejo químico, não apenas maiores quantidades de carbono no solo mais também maiores quantidades de nitrogênio que é um elemento chave na produção das culturas.

O efeito do manejo orgânico sem árvores em relação ao convencional sobre os teores e estoques de C e N ocorreu de maneira pronunciada nas camadas superficiais. No entanto, a associação da adubação orgânica mais árvores (sistemas agroflorestais) proporcionou aumento dos teores e estoques de C e N não apenas nas camadas superficiais, mas também nas camadas mais profundas do solo. Estes resultados confirmam que o manejo conservacionista do solo que ocorreu por meio do maior aporte de matéria orgânica, proteção do solo pelo extrato arbóreo e não revolvimento do solo são estratégias importantes para mitigar os efeitos da alta concentração de gases estufa e que o maior estoque de matéria orgânica nos solos tropicais aumenta a capacidade retenção e fornecimento de nutrientes para as plantas.

Apesar dos maiores teores e estoques de C e N nos sistemas orgânicos, somente a troca de insumos, que é representada pela substituição da adubação química pela adubação orgânica, não promoveu melhoria na qualidade do solo, uma vez que não se verificou diferenças no índice de manejo do carbono. Por outro lado, nos sistemas agroflorestais, devido ao aporte contínuo de matéria orgânica originados da decomposição de folhas, galhos e raízes, este proporcionou, em relação ao cafeeiro convencional, melhor sustentabilidade agrícola verificado pela maior labilidade dessa matéria orgânica que originou maior índice de manejo do carbono.

Os sistemas orgânicos além favorecerem os atributos químicos, contribuíram também para a melhoria dos atributos físicos em relação ao manejo convencional. Estes foram observados no maior grau de floculação e agregação do solo e na menor resistência do solo à penetração. No entanto, essas características foram semelhantes entre sistema com arborização e o não arborizado.

Dessa forma, a adição de composto orgânico associada à presença das árvores junto ao cafeeiro tem contribuído para a excelência na qualidade do solo promovendo maior sustentabilidade desses sistemas de produção.

Além da melhor qualidade do solo, destaca-se também a melhor qualidade ambiental das propriedades e social dos produtores e trabalhadores. Segundo os produtores, o manejo orgânico promove menor relação custo/benefício que se traduz tanto do menor custo de produção (principalmente dos adubos inorgânicos e pesticidas) quanto do maior preço de venda do café orgânico. Além disso, destaca-se o fato da madeira das espécies consorciadas serem utilizadas na própria propriedade e também ser fonte de poupança para o produtor.

Enfim, a diversificação da produção junto ao cafeeiro, a segurança alimentar e a melhor qualidade química e física do solo são requisitos importantes de uma Produção Vegetal sustentável.