

ARLETE CÔRTEZ BARRETO

QUALIDADE DO SOLO DE UMA MICROBACIA DO RIO UNA
(ALIANÇA) - BA SOB DIFERENTES USOS DA TERRA

RECIFE - PERNAMBUCO

2005

ARLETE CÔRTEZ BARRETO

QUALIDADE DO SOLO DE UMA MICROBACIA DO RIO UNA (ALIANÇA) - BA
SOB DIFERENTES USOS DA TERRA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para obtenção do título de Mestre.

\

RECIFE - PERNAMBUCO

2005

Ficha catalográfica
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

B273q Barreto, Arlete Côrtes
Qualidade do solo de uma microbacia do Rio Uma
(Aliança) – BA sob diferentes usos da terra / Arlete Côrtes
Barreto. -- 2005.
47 f. : il.

Orientadora: Maria Betânia Galvão dos Santos Freire.
Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento
de Agronomia.
Inclui bibliografia e anexo.

CDD 631.4

1. Uso da terra
2. Qualidade do solo
3. Microbacia
4. Bahia
- I. Freire, Maria Betânia Galvão dos Santos
- II. Título

ARLETE CÔRTEZ BARRETO

QUALIDADE DO SOLO DE UMA MICROBACIA DO RIO UNA (ALIANÇA) - BA
SOB DIFERENTES USOS DA TERRA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para obtenção do título de Mestre.

Dissertação aprovada no dia 10 de junho de 2005.

Maria Betânia Galvão dos Santos Freire, D.Sc.
DEPA/UFRPE

Ivandro França da Silva, D.Sc.
UFPB

Ignácio Hernan Salcedo, D.Sc.
DEN/UFPE

Adriana Maria de Aguiar Accioly, D.Sc.
DEPA/UFRPE

**“Todos os nossos sonhos podem se tornar realidade se tivermos
coragem de persegui-los.”**

Walt Disney

A minha mãe, Ariene (*in memoriam*) pela dedicação,
amor e presença constante em
minha vida.

A meu pai, Antonio por seus ensinamentos e
apoio nas decisões.

A minha vó, Aurelina e meus tios Cléia e Cléo pelo
apoio constante e dedicação.

Aos meus irmãos, Antonio, Almir e Adriano e
minha irmã Arlene pelo apoio,
carinho e incentivo.

Aos meus sobrinhos, Ian e Maria Eduarda
por alegrar minha vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, razão de toda existência, por estar sempre presente em minha vida.

A minha mãe Ariene Côrtes Barreto (*in memoriam*) pelo exemplo de amor e bondade, por todos os seus ensinamentos e dedicação, e por ter me apoiado e estado sempre do meu lado todos os momentos de sua vida. Ao meu pai Antonio e meus irmãos Antonio Filho, Arlene, Almir e Adriano pelo amor, incentivo e companheirismo constante. Ao meu sobrinho Ian e minha sobrinha e afilhada Maria Eduarda, pelos grandes momentos de alegria.

A minha vó Sinhazinha pelo exemplo de fortaleza e dedicação dispensada aos netos, aos meus tios, principalmente Cléia, Cléo e Aécio pelo constante apoio, conselhos e amizade.

A Alexandre Afonso, namorado e futuro esposo, pelo companheirismo, compreensão, paciência e amor.

As minhas queridas amigas Mônica Vieira, Tânia, Núbia, Adenilza, Clícia, Eloisa e Luana e ao grande amigo Bruno Dias, pela amizade e por sempre torcerem por mim. A minha afilhada Hully, pelo carinho.

As colegas de república e amigas: Euzelina Inácio, pelas alegrias, amizade e pelo apoio nos momentos difíceis, desde a inscrição e durante a realização do curso; e Emile Suze pela amizade que se consolidou durante o mestrado, pelas horas prazerosas de convivência, apoio e paciência, principalmente nos meses que antecederam a defesa. Aos colegas de república Onildo e Ricardo pela amizade.

Aos todos os colegas do curso de mestrado, de forma especial a Eduardo, Euzi, Cris, Júlio Patrício, Júlio Guilherme, Gledson, Valdemir, Rita, Luiz, Castro, Izacc, pelos momentos de alegria e de estudos.

A Prof^a Maria Betânia Freire pela amizade, confiança, orientação, ensinamentos, incentivo nos momentos difíceis e pelo grande exemplo de pessoa e cientista.

A coordenação da Pós-graduação de Solos da Universidade Federal Rural de Pernambuco, especialmente ao Prof. Fernando Freire pelo apoio, sem o qual o trabalho não teria sido realizado na Bahia.

Aos colegas de mestrado da turma de 2004, Priscila, Arruda, Dudu, Michelangelo e Macela, especialmente Patrícia e Evio, pela amizade e pelos momentos felizes.

A Prof^a e colega Izabel Galindo pela amizade e sugestões.

Aos Professores da UFBA, especialmente José Carlos R. de Carvalho pela grande amizade, confiança no meu trabalho e pela oportunidade de iniciar na pesquisa científica e Paulo Gabriel Soledade Nacif por ter acreditado em meu trabalho desde a graduação e por todo o apoio durante o curso de mestrado.

Ao pesquisador da CEPLAC Quintino Araújo e sua esposa Ana Araújo pela amizade e por todo apoio durante a realização do trabalho de campo.

Aos estudantes de graduação Rafael, Márcio Fléquisson e em especial a Fábio Henrique por todo apoio durante a realização das análises, principalmente durante as análises do fracionamento físico.

Aos funcionários do Departamento de Solos da UFRPE, Socorro e seu Noca pelo convívio, amizade e pelos momentos de alegria. Josué, Zeca e seu Camilo pelo apoio nas análises de fracionamento e Anacleto pelo apoio nas análises físicas.

Aos colegas e amigos Eduardo Saldanha e Alexandre Tavares pela amizade, os momentos felizes e apoio durante a realização das análises. A Júlio Patrício pela amizade e auxílio durante a realização do fracionamento químico.

As instituições UFRPE, CEPLAC, UFBA, UFPE-DEN pelo apoio logístico, sem o qual não teria concluído a presente pesquisa e ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo.

A Sandra Regina e o Prof. Ignácio Salcedo pelo auxílio na realização do fracionamento físico.

Aos membros da banca examinadora pelas valorosas críticas e sugestões que contribuíram para enriquecimento do presente trabalho.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação da UFRPE pelos ensinamentos que contribuíram para minha formação profissional.

Aos moradores do Assentamento ASCOAE pela receptividade e por permitir a realização das coletas de solo.

A todos que contribuíram direto e indiretamente para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!!!

ÍNDICE

	Página
DEDICATÓRIA	v
AGRADECIMENTOS	vi
ÍNDICE	vii
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO I. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DE UM SOLO SOB FLORESTA, SISTEMA AGROFLORESTAL E PASTAGEM	2
Abstract	3
Resumo	4
1. Introdução	5
2. Material e Métodos	7
2.1. Localização e caracterização da área de estudo	7
2.2. Histórico da área e amostragem do solo	7
2.3. Análises físicas do solo	8
2.4. Análises químicas do solo	8
2.5. Determinação de COT, N, e P do solo	9
2.6. Análises Estatísticas	9
3. Resultados e Discussão	9
4. Conclusões	20
5. Referências Bibliográficas	20
CAPÍTULO II. FRACIONAMENTO QUÍMICO E FÍSICO DA MATÉRIA ORGÂNICA E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE UM SOLO DE MATA SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE USO	24
Abstract	25
Resumo	26
1. Introdução	27
2. Material e Métodos	29
2.1. Localização e caracterização da área de estudo	29
2.2. Histórico da área e amostragem de solo	29

2.3. Caracterização física do solo	30
2.4. Caracterização química do solo	31
2.5. Determinação de COT e fracionamento químico da MO	31
2.6. Fracionamento físico da MO	32
2.7. Análises Estatísticas	32
3. Resultados e Discussão	32
4. Conclusões	42
5. Referências Bibliográficas	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS	47

Introdução Geral

A Bacia Hidrográfica do Rio Una (Aliança) constitui um sistema sócio-ecológico de grande importância para o sul da Bahia, por agrupar alguns municípios importantes e um grande potencial agroecológico. Esse sistema apresenta uma marcante diversidade agrícola, entre remanescente da Mata Atlântica, cacauicultura e pastagem. Destaca-se por suas características naturais e distintos sistemas de ocupação antrópica e encontra-se atualmente com sua cobertura original bastante reduzida.

Em solos tropicais e subtropicais a matéria orgânica tem grande contribuição na melhoria nas características químicas, físicas e biológicas dos mesmos. Com a retirada da vegetação natural e implantação de sistemas agrícolas, estes se apresentam vulneráveis à degradação, devido às perdas da matéria orgânica do solo que, com o manejo correto adquire novamente um novo equilíbrio. Assim, a matéria orgânica do solo pode ser considerada um importante indicador da qualidade do mesmo, pois ela está relacionada com diversas propriedades. Modificações no teor da matéria orgânica significam alterações nessas características, as quais representam efeitos diretos do sistema de manejo empregado.

O uso intensivo e irracional do solo pode resultar na degradação do mesmo, com conseqüências para a população local. Assim, sente-se a necessidade de desenvolver pesquisas no sentido de conservar a qualidade do solo e viabilizar o desenvolvimento local. Devido a isso, é pertinente avaliar os sistemas de manejo predominantes, sendo referenciado pelo solo preservado com Mata Atlântica, já que a região contempla a maior área de remanescente, conservada em decorrência do uso do solo sob sistema agroflorestal durante algumas décadas. Porém, nos últimos anos vêm sendo implantado novos sistemas, necessitando assim, estudos que comprovem o efeito destes sobre o solo. Diante da problemática citada a pesquisa objetivou avaliar a qualidade do solo a partir de características químicas, físicas e da quantidade e qualidade do estoque de carbono orgânico total e suas frações em um solo de Mata Atlântica submetido a diferentes usos.

Capítulo I

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS E CARBONO ORGÂNICO
TOTAL DE UM SOLO SOB FLORESTA, SISTEMA AGROFLORESTAL
E PASTAGEM

Abstract

BARRETO, Arlete Côrtes, MSc., Universidade Federal Rural de Pernambuco; June, 2005. **Chemical and physical characteristics and the total organic carbon of a ground under forest, agriculturist system and pasture.** Adviser: Maria Betânia Galvão dos Santos Freire. Additional support: Quintino Reis de Araújo e José Ramon Barros Cantalice.

The withdrawal of the natural vegetation in order to implement an agriculturist system provokes a disequilibrium in the ground; if the process of adding organic substances is inferior to the decomposition process, this system won't be able to reach its balance again, provoking the ground degradation. This study had as objective evaluate changes in the chemical and physical characteristics of the ground and in the total organic carbon level of a ground that has experienced different systems of use: 1 - remainder of Mata Atlântica, 2 - cacao (*Theobroma cacao*), and 3 - pasture (*Brachiaria decumbens*). For each use, samples were collected, in the depths of 0 - 10 and 10 - 20 cm. The chemical and physical analyses had been proceeded, and the determination of the total organic carbon, nitrogen and match in the ground. The substitution of the natural vegetation for the cacao and pasture systems caused changes in the level of clay in the layer of 0 – 10 cm and in the levels of clay and silte in the second layer 10 – 20 cm. To the chemical characteristics evaluated (0-10 cm), it was observed that the levels of Ca^{+2} , Mg^{+2} and P were higher, and in the cacao system, while the pasture showed higher pH and levels of K^{+} and lower CTC. The attributes Al^{+3} and m decreased and V increased for the two uses of the ground. In the second layer 10-20 cm the cacao and pasture systems showed changes just related to the level of Ca^{+2} , and for the cacao system, higher P level. The different systems of ground use didn't cause changes in the level of TOC and N of the ground. In the first layer, it was possible to find good correlations between physical characteristics and bush TOC. The TOC and chemical attributes in the second layer showed significant correlations just for the pasture area.

Resumo

BARRETO, Arlete Côrtes, MSc., Universidade Federal Rural de Pernambuco; Junho de 2005. **Características químicas, físicas e carbono orgânico total de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem.** Orientadora: Maria Betânia Galvão dos Santos Freire. Conselheiros: Quintino Reis de Araújo e José Ramon Barros Cantalice.

A retirada da vegetação natural para implantação de sistema agrícola provoca um desequilíbrio no solo, se o processo de adição da matéria orgânica for inferior ao de decomposição, este sistema não atinge novamente seu equilíbrio, provocando a degradação do solo. O presente estudo teve como objetivo avaliar mudanças nas características químicas e físicas e no teor de carbono orgânico total de um solo submetido a diferentes sistemas de uso. 1 - remanescente de Mata Atlântica, 2 - cacau (*Theobroma cacao*), e 3 - pastagem (*Brachiaria decumbens*). Para cada uso foram coletadas amostras nas profundidades de 0 - 10 e 10 - 20 cm. Procederam-se às análises químicas e físicas e determinação de carbono orgânico total, nitrogênio e fósforo no solo. A substituição da vegetação natural pelos sistemas cacau e pastagem ocasionaram mudanças no teor de argila na camada de 0 – 10 cm e nos teores de argila e silte na segunda camada 10 – 20 cm. Para as características químicas avaliadas (0-10 cm) observou-se maiores teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e P no sistema cacau, enquanto a pastagem apresentou maior pH e teores de K^{+} e menor CTC. Os atributos Al^{+3} e m decresceram e V aumentou para os dois usos do solo. Na segunda camada 10 – 20 cm os sistemas cacau e pastagem apresentaram mudanças apenas em relação ao teor de Ca^{+2} , e para o sistema cacau maior teor de P. Os diferentes sistemas de uso do solo não ocasionaram mudanças no teor de COT e N do solo. Na primeira camada foram encontradas boas correlações entre características físicas e COT para mata. O COT e atributos químicos na segunda camada apresentaram correlações significativas apenas para a área sob pastejo.

1. Introdução

A Bacia Hidrográfica do Rio Una sustenta uma grande responsabilidade sócio-ambiental para a região sul da Bahia, pois possui grandes áreas de remanescentes da Mata Atlântica, uma marcante diversidade de áreas agrícolas, características naturais e sistema de ocupação antrópica diversificado. Atualmente sua cobertura original encontra-se bastante reduzida pelo intenso uso, dentre as culturas destacam-se a cacauicultura e a pastagem.

Ao retirar a vegetação natural para instalação de um sistema agricultável, ocorre um desequilíbrio no teor de carbono orgânico do solo, pois intensifica a mineralização da matéria orgânica, provocando inicialmente a liberação de alguns nutrientes, favorecendo a nutrição vegetal. Quando o processo de adição da matéria orgânica no solo é inferior ao de decomposição, este sistema não atinge um novo equilíbrio, tornando-se exaurido e provocando a degradação do solo. Em solos tropicais e subtropicais a matéria orgânica tem grande contribuição na fertilidade, aumento da capacidade de troca de cátions, melhoria nas características químicas, físicas e biológicas dos mesmos.

Para o monitoramento da qualidade do solo, de forma que possam ser sugeridas modificações nos sistemas de manejo em utilização pelos agricultores a tempo de evitar a sua degradação, é necessário definir atributos de solo e do ambiente sensíveis ao manejo e de fácil determinação (Mielniczuk, 1999). Entre estes, é necessário eleger algumas características químicas e físicas como variáveis sensíveis e de fácil determinação. Encontra-se ainda na literatura de forma unânime o carbono orgânico total (COT) como indicador chave da qualidade do solo.

Segundo Bernoux et al. (1999), nos ecossistemas naturais a fonte de carbono orgânico do solo tem uma única origem, ou seja, os resíduos da vegetação nativa, enquanto que nos agrossistemas, a maior parte do carbono do solo apresenta no mínimo duas fontes: a remanescente da vegetação nativa e a produzida pela decomposição dos resíduos vegetais de uma ou mais culturas introduzidas.

Devido a grande pressão do uso dos recursos naturais em função do aumento da população e as técnicas de manejo que têm sido utilizadas para o cultivo, nem sempre há a preocupação com a sustentabilidade do sistema. Essas técnicas utilizadas de forma inadequada causam a degradação do solo e esse processo de degradação ocorre, na maioria das vezes, de forma bastante lenta, só sendo percebidos os seus efeitos quando em estágios avançados. Daí a necessidade de

estudos constantes no sentido de detectar atributos sensíveis a pequenas alterações, para que possam ser usados como indicadores da qualidade do solo, é o que salienta Matias (2003).

Em relação às propriedades físicas, há uma grande contribuição da matéria orgânica. Neste aspecto Marin (2002) salienta a redução da densidade do solo, erosão e melhoria da infiltração de água. Araújo et al. (2004a), estudando um argissolo amarelo na Amazônia constatou maiores valores de densidade do solo para pastagem e menores valores em mata nativa na camada superficial (0-10 cm). Já para Fialho et al. (1991), as características físicas do solo não são afetadas pelo uso (mata, pastagem e eucalipto) até 20 cm de profundidade. Araújo et al. (2004a) salientam que a porosidade apresenta uma ordem inversa à densidade. Eles detectaram um solo com maior porosidade na mata, como um indicativo de ambiente pouco perturbado e mais protegido das intempéries (sol, chuva e vento).

Silva et al. (1999) salientam que a redução acelerada nos teores de carbono orgânico da camada superficial ocorre em virtude não só da maior exposição das frações orgânicas aos microrganismos decompositores, mas também da maior quebra de macroagregados pelo revolvimento do solo. Contudo, eles acreditam que o fator que mais contribui para a decomposição da matéria orgânica seja o menor aporte de carbono e nitrogênio nas áreas cultivadas, em relação à floresta, principalmente se houver o plantio de culturas anuais na fase inicial de exploração da área desmatada. Também pelo maior revolvimento do solo e retirada de restos culturais das áreas sob cultivo, que contribui para uma decomposição mais acelerada do carbono orgânico do solo.

A atuação da matéria orgânica nas propriedades do solo é de muita importância, uma vez que atua como fonte de energia para a massa microbiana e nutrientes para as plantas (Mendonça, 1995; Marin, 2002). A capacidade de troca de cátions é bastante influenciada pelo conteúdo de carbono orgânico do solo, principalmente nos horizontes superficiais (Canellas et al., 2000). As propriedades químicas do solo são melhoradas pela matéria orgânica dentro de um agroecossistema. A mineralização da mesma resulta na liberação de nutrientes essenciais à planta, tais como N, P, S, K, Ca, Mg e micronutrientes (Marin, 2002). O autor ressalta ainda que, de 15 a 80% do P total encontrado no solo pode ser proveniente da matéria orgânica.

Longo & Espíndola (2000) destacam a importância da matéria orgânica pelo seu grande poder de contribuição nas cargas negativas dos solos de regiões

tropicais. Os solos dessa região se encontram em avançado estágio de intemperismo e sofrem intensas perdas de material por lixiviação. Nos solos de regiões de clima tropical, a elevada acidez e a presença de alumínio trocável (Al^{3+}), aliadas à baixa fertilidade, são os principais fatores a restringir a produção agrícola (Abreu Jr. et al., 2003). O pH do solo também influencia na velocidade de decomposição da matéria orgânica (Mendonça, 1995).

O presente estudo teve como objetivo avaliar mudanças nas características químicas e físicas e no teor de carbono orgânico total de um solo submetido a diferentes sistemas de uso da Terra, Mata Atlântica (preservada), cacauicultura (agrofloresta) e pastagem.

2. Material e Métodos

2.1. Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada na região Sul da Bahia, microbacia do Rio Una ou Aliança, no município de Una ($15^{\circ} 03' - 15^{\circ} 25' S$ e $39^{\circ} 00' - 39^{\circ} 29' W$). Com altitude que varia entre 36 e 68 m. De acordo com CEPLAC (1976), o clima da região é do tipo quente e úmido e o relevo montanhoso e forte ondulado a ondulado. A precipitação pluvial média anual é bastante elevada (1.900 a 2.000 mm). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (Latossolo Variação una, pela Classificação anterior).

2.2. Histórico da área e amostragem do solo

A pesquisa foi realizada numa microbacia da bacia hidrográfica do rio Una (MHRU), sul da Bahia, onde está localizado o Assentamento de Reforma Agrária ASCOAE, instalado a dois anos, compreendendo uma área total de aproximadamente 300 ha. Utilizou-se como área amostral os principais sistemas de uso do solo adotados pelos agricultores do assentamento: 1 -remanescente de Mata Atlântica, área preservada; 2 - cacau (*Theobroma cacao*) em sistema cabruca, este consiste em raleamento do fragmento da Mata, retirando apenas o substrato da vegetação com posterior implantação da cultura do cacau, nesta sistema de uso realizou-se uma correção com rocha fosfatada, aproximadamente dois meses antes

da coleta; 3 - pastagem (*Brachiaria decumbens*), implantada após remoção do sistema cabruca. Para cada uso foram selecionadas três áreas amostrais, perfazendo um total de nove áreas, todas em posição de meia encosta, procurando obedecer a mesma posição no relevo e cada área foi dividida em três subáreas, onde foram coletadas 20 amostras simples, retiradas por caminhar em zigue-zague, nas profundidades de 0 - 10 e 10 - 20 cm. Por fim, as amostras simples foram reunidas compondo uma amostra composta para cada profundidade e cada subárea, formando três amostras compostas em cada área e estas foram utilizadas como repetição. O tamanho da área amostral sofreu variação em função do uso do solo, oscilando entre 1,5 a 3,0 ha.

2.3. Análises físicas do solo

As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm para obtenção da TFSA. Estas foram submetidas às análises de composição granulométrica pelo método da pipeta, densidade do solo pelo método da proveta, densidade das partículas pelo método do balão volumétrico, capacidade de campo e ponto de murcha permanente, pelo extrator de Richards, calculando-se a porosidade total com os valores da densidade do solo e das partículas, conforme EMBRAPA (1997).

2.4. Análises químicas do solo

Com parte das amostras de solo utilizadas nas determinações físicas, foram realizadas as análises químicas seguindo os métodos descritos pela EMBRAPA (1997), representada por pH em água (1:2,5); determinação dos cátions trocáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} , extraídos com KCl 1,0 mol/L, dosando-se o Ca^{2+} e o Mg^{2+} por espectrofotometria de absorção atômica e o Al^{3+} por volumetria; Na^+ e K^+ extraídos com Mehlich-1 e dosados por fotometria de chama; $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ extraídos com acetato de cálcio 1 mol/L a pH 7,0 e determinado volumetricamente com solução de NaOH; A partir dos valores de acidez potencial, bases trocáveis e alumínio trocável, calculou-se a capacidade de troca de cátions (CTC), a percentagem de saturação por bases (V) e a percentagem de saturação por alumínio (m).

2.5. Determinação de COT, N e P no solo

Após a análise química do solo, procedeu-se a determinação de carbono orgânico total (COT) por meio de digestão sulfúrica com aquecimento externo de acordo com Embrapa (1997). Nitrogênio total (N) quantificado por digestão sulfúrica, destilação Kjeldhal e titulação (Tedesco et al., 1982) e fósforo disponível (P), através de extração feita com Mehlich-1 (Embrapa, 1997) e a determinação pelo método de Braga & Defelipo (1974). O teor de matéria orgânica segundo EMBRAPA (1997).

2.6. Análises Estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância, num delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e considerando as camadas de 0 – 10 e 10 – 20 cm isoladamente. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Aplicou-se também correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do solo.

3. Resultados e Discussão

A partir da caracterização física do solo, pode-se perceber que para a profundidade de 0 – 10 cm, das características físicas analisadas, apenas o teor de argila diferiu significativamente entre os diferentes usos do solo (Quadro 1.1). O solo sob sistema Mata Atlântica apresentou maior quantidade de argila, seguido do solo no sistema cacau, e em menor quantidade no pastejo, provavelmente no sistema de uso com pastagem tenha ocorrido uma diminuição devido ao processo de migração de argila no perfil do solo, que ocasionou a saída da fração argila dos horizontes superficiais, concordando em parte com Matias (2003) que comparou fragmento da Mata Atlântica com pastagem em Latossolo, onde os maiores teores na profundidade de 0 – 20 cm foram para mata, seguido de pastagem. Feitosa (2004), em uma topossequência, detectou altos teores de argila na encosta para mata. O que condiz com o resultado encontrado, uma vez que foram estudados solos de encosta para os três sistemas de uso. A fração areia predominou em relação à fração argila apenas para o agrossistema pastagem, discordando de Araújo et al. (2004a), onde a fração areia foi predominante para quatro sistemas de uso do solo, entre eles mata e pastagem.

Quadro 1.1 – Características físicas médias do solo sob uso com Mata Atlântica, cultura do cacau e pastagem em uma microbacia da Bacia Hidrográfica do Rio Una, Sul da Bahia, na profundidade de 0 –10 cm.

Atributos físicos	Uso		
	Mata Atlântica	Cultura do cacau	Pastagem
Areia (g kg ⁻¹)	382 A	398 A	434 A
Silte (g kg ⁻¹)	130 A	181 A	186 A
Argila (g kg ⁻¹)	486 A	420 B	378 C
Ds (g cm ⁻³)	1,07 A	1,11 A	1,10 A
Dp (g cm ⁻³)	2,65 A	2,65 A	2,68 A
CC %	24,2 A	23,9 A	24,8 A
PMP %	17,3 A	16,3 A	16,3 A
PT %	59,7 ^A	58,2 A	58,9 A

*Médias seguidas de mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Ds – densidade do solo; Dp – densidade das partículas; CC – capacidade de campo; PMP – ponto de murcha permanente e PT – porosidade total.

Para a segunda profundidade, 10 – 20 cm, ocorreu diferença nas variáveis silte e argila (Quadro 1.2). As demais não manifestaram diferenças significativas, discordando com Matias (2003), que detectou mudanças na porosidade e densidade do solo para os sistemas de uso: mata, eucalipto e pastagem.

Quadro 1.2 – Características físicas médias do solo sob uso com Mata Atlântica, cultura do cacau e pastagem em uma microbacia da Bacia Hidrográfica do Rio Una, Sul da Bahia, na profundidade de 10 – 20 cm.

Atributos físicos	Uso		
	Mata Atlântica	Cultura do cacau	Pastagem
Areia (g kg ⁻¹)	385 A	385 A	416 A
Silte (g kg ⁻¹)	97,9 B	134 AB	156 A
Argila (g kg ⁻¹)	516 A	480 AB	427 B
Ds (g cm ⁻³)	1,10 A	1,14 A	1,14 A
Dp (g cm ⁻³)	2,67 A	2,73 A	2,74 A
CC %	23,3 A	23,5 A	22,9 A
PMP %	17,9 A	16,4 A	15,2 A
PT %	58,8 A	58,3 A	58,3 A

*Médias seguidas de mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Ds – densidade do solo; Dp – densidade das partículas; CC – capacidade de campo; PMP – ponto de murcha permanente e PT – porosidade total.

A densidade do solo, não diferiu significativamente entre os sistemas estudados, este resultado provavelmente pode ser explicado devido ao curto tempo de estabelecimento da cultura para ocasionar mudanças nas características físicas do solo. Falleiro et al. (2003) detectaram diferença significativa na Ds em solo de mata submetido a 16 anos consecutivos a diferentes sistemas de preparo. Provavelmente esse atributo não apresentou diferença significativa devido a metodologia adotada, onde utilizou-se amostras deformadas.

Quanto à cultura do cacau, era de se esperar essa semelhança entre as características físicas analisadas, quando comparado a mata, por este ser um sistema agroflorestal que conserva uma manta orgânica, diferindo apenas pelo tipo de vegetação. De acordo com Secco et al. (2004), valores de Ds semelhantes e, ou superiores a $1,45 \text{ Mg m}^{-3}$, podem detectar um estado de compactação, não sendo estes alcançados no presente trabalho.

Em relação aos atributos químicos, a mudança no sistema de uso ocasionou diferenças significativas na maioria das características analisadas (Quadro 1.3). Os solos sob mata geralmente apresentam menores valores de pH, uma vez que a mineralização da matéria orgânica e os exudatos ácidos liberados pelas raízes das plantas contribuem para aumentar a acidez do solo. Detectou-se no presente estudo, que os valores de pH diferiram significativamente entre os três usos do solo, com valores de 4,50; 5,01 e 5,65 para mata, cacau e pastagem, respectivamente.

Os sistemas de uso cacau e pasto apresentaram saturação por bases (V) aproximadamente três vezes superior ao sistema Mata Atlântica, indicando que a nutrição da vegetação na mata é sustentada, provavelmente, pela ciclagem de nutrientes, com grande acúmulo na manta orgânica.

Feitosa (2004) detectou problemas de acidez (pH 4,7), altos teores de alumínio trocável e baixa saturação por bases, em um fragmento de Mata Atlântica. O sistema mata apresentou menor valor de pH, conferindo maior acidez ao solo. Este também foi o sistema que apresentou teor de alumínio trocável, e acidez potencial mais elevados e menores teores de cálcio, magnésio e potássio, em comparação com os demais sistemas. Discordando com Fialho et al. (1991), estes relatam que em relação aos teores de nutrientes e valores de pH, os maiores valores foram encontrados para mata natural, o que não condiz com estes resultados e com os de Araújo et al. (2004a). Bayer & Mielniczuk (1997) salientam que os valores de pH, capacidade de troca catiônica, teores de potássio, cálcio e magnésio foram afetados por diferentes preparos do solo e sistemas de cultura.

Quadro 1.3 – Características químicas médias do solo sob uso com Mata Atlântica, cultura do cacau e pastagem em uma microbacia da Bacia Hidrográfica do Rio Una, Sul da Bahia, na profundidade de 0 –10 cm.

Atributos químicos	Uso		
	Mata Atlântica	Cultura do cacau	Pastagem
Ph	4,50 C	5,01B	5,65 A
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,15 C	3,44 A	2,60 B
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,81 B	1,63 A	1,41 AB
K (cmol _c dm ⁻³)	0,11 B	0,12 B	0,20 A
Na (cmol _c dm ⁻³)	0,04 A	0,04 A	0,05 A
Al (cmol _c dm ⁻³)	1,14 A	0,19 B	0,11 B
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	14,03 A	10,68 B	7,95 C
CTC (cmol _c dm ⁻³)	16,16 A	15,92 A	12,22 B
V (%)	13,30 B	32,12 A	34,86 A
m (%)	36,05 A	4,67 B	2,63 B
P (mg dm ⁻³)	0,45 A	0,51 A	0,14 B
COT (g kg ⁻¹)	26,82 A	26,32 A	25,61 A
N (g kg ⁻¹)	2,34 A	2,34 A	2,12 A

*Médias seguidas de mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

O solo com sistema agroflorestal apresentou maiores teores de Ca⁺², isso provavelmente, devido a uma correção, dois meses antes da coleta, com fosfato de cálcio. O solo sob pastejo provavelmente recebe essa contribuição, uma vez que anterior a sua implantação, essa área era utilizada com a cultura do cacau. Já o solo de mata apresentou menores teores, sendo esperado uma vez que neste sistema o que está disponível no solo provavelmente esteja sendo absorvido pela vegetação, que por sua vez retorna para o solo novamente.

O elevado teor de Ca⁺² e Mg⁺² no sistema com a cultura do cacau contribuiu para elevar a CTC do solo. Já no sistema Mata Atlântica a contribuição é dada pelo elevado teor de H⁺Al⁺³ encontrado. Enquanto que o solo com pastagem apresentou CTC significativamente menor em relação aos demais sistemas. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (1999), com uma diminuição na CTC do solo com o cultivo.

O sistema de cultivo com pastagem apresentou teores de K⁺ significativamente maiores que o sistema mata. Esses resultados divergem daqueles encontrados por Araújo et al. (2004a) e Perin et al. (2003), quando afirmam que, em

geral, os teores de K^+ tendem a decrescer com o tempo de uso. Entretanto, foi verificado que as variações nos teores de K^+ disponível são mais expressivas no horizonte superficial, fato também observado por Perin et al. (2003).

Quanto ao COT e N, não ocorreu mudança significativa nos diferentes sistemas, estando de acordo com D'Andrea et al. (2004). Os autores destacaram que os teores de COT e de NT do solo não diferiram entre si, nos sistemas de manejo avaliados (cerrado nativo, pastagem de *Brachiaria* sp., plantio direto e plantio convencional após pastagem).

Para Silva et al. (1999), a aplicação de calcário em solos brasileiros resulta em incremento na produtividade da maioria das culturas e no aporte de carbono ao solo, principalmente se permanecem resíduos vegetais nas áreas de plantio, sendo, desse modo, difícil prever o efeito dessa prática sobre os estoques de matéria orgânica no solo. Talvez isso explique o teor de COT e MO do solo com a cultura do cacau ser praticamente igual ao solo com mata, pois deve ser considerado que o sistema cacau é um sistema agroflorestal, manejo parecido com mata.

Marin (2002) encontrou os maiores teores de carbono para o sistema sob manejo agroecológico, quando comparado ao solo sob sistema de manejo convencional, com maiores teores, principalmente para os primeiros cinco centímetros de profundidade. O autor destaca que o sistema agroecológico está induzindo o aumento dos níveis de carbono orgânico do solo, devido ao maior aporte de resíduos que o sistema vem recebendo ao longo dos anos. Explicando assim, o sistema cacau não apresentarem diferença significativa no teor de carbono, uma vez que esse apresenta uma manta espessa, onde provavelmente armazena altos teores de carbono e nitrogênio.

Quanto ao cultivo com gramínea, por apresentar sistema radicular profundo com raízes ramificadas, o resíduo da renovação destas pode estar contribuindo para aumentar o aporte de carbono ao solo. As gramíneas são plantas C4, devido a sua fisiologia, normalmente contribuem com maior aporte de carbono no solo.

No presente estudo não foram implantadas culturas anuais que expõem as frações orgânicas aos microrganismos decompositores, e também que proporciona maior quebra de macroagregados pelo revolvimento do solo (Silva et al., 1999). Tanto o manejo do sistema com cacau como o pastejo favorecem um menor revolvimento e maior preservação dos macroagregados do solo, e que por esses motivos os teores de COT permaneceram elevados.

Em relação ao P disponível, ocorreu um declínio no solo sob pastagem, o que não pode ser explicado pela diminuição no teor de matéria orgânica do solo nesse sistema, já que este atributo não apresentou diferença significativa entre os três usos. Apesar de Marin (2002) defender que de 15 a 80% do P do solo tem provável proveniência da matéria orgânica. Porém, a serrapilheira dos sistemas mata e cacau pode estar contribuindo para o fornecimento de P na camada superficial e diminuindo a possibilidade de reações de fixação deste. Por outro lado, Fialho et al. (1991) relatam ainda que a cobertura vegetal parece não afetar o fósforo disponível, uma vez que não houve diferença significativa entre os usos mata, pastagem e eucalipto. Por outro lado, o sistema pastagem, pela forma como é conduzido, propicia uma grande saída de fitomassa do sistema, o que pode estar contribuindo para a redução de fósforo da área.

Outro fator que pode ter influenciado é a profundidade, pois foi tomada uma amostra apenas na camada de 0-10 cm, misturando os primeiros centímetros, provavelmente com maiores teores do elemento pela influência direta da manta orgânica nos sistemas de mata e cacau. Araújo et al. (2004a) encontraram baixos teores de fósforo disponível ($< 10 \text{ mg dm}^{-3}$) em solo sob mata e pastagem. Entretanto, nos primeiros cinco centímetros, as quantidades são superiores às das camadas seguintes, excetuando a pastagem que decresce logo no segundo centímetro.

O sistema de uso pastagem apresentou maior teor de potássio, em relação aos usos mata nativa e cultivo com cacau, discordando com Fialho et al. (1991) que encontraram um conteúdo significativamente maior de potássio disponível no solo sob mata natural. Quanto à acidez potencial, na mata foram encontrados os maiores valores ($14,03 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), seguido do solo sob a cultura do cacau ($10,68 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e pastagem ($7,95 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Esse maior valor apresentado pelo solo da mata, juntamente com o valor do alumínio trocável estão contribuindo para um aumento na saturação por alumínio (m), com elevada acidez deste solo.

Na profundidade de 10 – 20 cm, os resultados foram semelhantes à primeira para algumas características (Quadro 1.4). O pH apresentou o mesmo comportamento. Segundo Zaia & Gama-Rodrigues (2004) solos sob povoamentos florestais (espécies de eucaliptos) apresentaram acidez elevada (pH 4,6) para a profundidade de 0–20 cm e baixa fertilidade. Porém esse comportamento não classifica os solos de mata como degradados nem de baixa fertilidade, todo o sistema funciona com base na ciclagem de nutrientes; a reserva de nutrientes está armazenada na

espessa manta orgânica que fornece para a vegetação gradativamente. A mata apresentou baixo valor de pH (4,38) e alto teor de $H^+ + Al^{3+}$, caracterizando elevada acidez. Estes valores foram maiores para pH (4,90 e 5,31) e menores para acidez potencial (9,39 e 7,27) para os usos cacau e pastagem, respectivamente. Segundo Perin et al. (2003) há elevação do pH com o tempo de uso do solo e, o alumínio trocável precipita na forma de hidróxido.

Os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} encontrados por Araújo et al. (2004a) foram considerados baixos ($< 2,0$ e $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente) e restritivos a nutrição mineral de plantas. Os autores explicam que o desenvolvimento da mata, está relacionado com a eficiente reciclagem de nutrientes que ela efetua. No presente trabalho foram detectados teores menores de Ca^{2+} (0,51, 1,39 e $1,57 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para mata, cacau e pastagem, respectivamente; e teores de Mg^{2+} para mata ($0,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e maiores para os demais (cultura do cacau 1,05 e pastagem $0,83 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Espig (2003) afirma que a camada até cinco centímetros de profundidade, é a que parece contribuir efetivamente para a nutrição florestal.

Quadro 1.4 – Características químicas do solo sob uso com Mata Atlântica, cultura do cacau e pastagem em uma microbacia da Bacia Hidrográfica do Rio Una, Sul da Bahia, na profundidade de 10 –20 cm.

Atributos químicos	Uso		
	Mata Atlântica	Cultura do cacau	Pastagem
pH	4,38 C	4,90 B	5,31 A
Ca ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,51 B	1,39 A	1,57 A
Mg ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,50 C	1,05 A	0,83 B
K ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,10 A	0,08 A	0,13 A
Na ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,04 A	0,03 A	0,03 A
Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	1,26 A	0,49 B	0,22 B
H+Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	11,4 A	9,39 B	7,27 C
CTC ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	12,6 A	11,9 A	9,83 B
V (%)	9,68 B	21,3 A	26,0 A
m (%)	54,3 A	17,7 B	8,59 B
P (mg dm^{-3})	0,31 B	0,83 A	0,10 B
COT (g kg^{-1})	17,1 A	17,51 A	19,2 A
N (g kg^{-1})	1,79 A	1,60 A	1,55 A

*Médias seguidas de mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) acompanhou o comportamento da camada superficial, sendo maior na área sob mata em relação aos demais usos, confrontando com os resultados de Matias (2003), que verificou maiores concentração de $H^+ + Al^{3+}$ para solo sob pastagem. Essa discordância nos resultados provavelmente deve-se ao tempo de implantação do pastejo. Marin (2002) salienta que mudanças em variáveis do solo devido ao manejo, principalmente químicas não ocorrem em curto espaço de tempo, sugerindo um tempo de 10 a 35 anos para que sejam observadas alterações. Na mata, devido ao processo de ciclagem de nutrientes, a concentração de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ é grande na manta orgânica, em consequência pequena no solo, principalmente em profundidade, o que favorece a concentração de $H^+ + Al^{3+}$ no meio.

Marin (2002), ao estudar sistema agroecológico com café, verificou saturação por bases (V) superior em 11,03% ao sistema convencional. Foram detectados valores mais elevados para os três sistemas (0-10 cm) e menor, apenas para Mata Atlântica na segunda profundidade. Feitosa (2004) encontrou valores inferiores para V (5,40%) e superior para m (85,30%). Para ambas as profundidades, a saturação por alumínio foi bastante elevada para mata, não diferindo entre cacau e pastagem. Os valores obtidos na pesquisa são baixos, quando comparados aos valores verificados por Feitosa (2004).

Os teores de P diminuem em profundidade, no sistema mata e pastagem, com comportamento contrário para o sistema agroflorestal cacau, onde se destaca com quantidade de P disponível maior que os outros sistemas com o aumento da profundidade, esse comportamento provavelmente é devido a correção feita nesse sistema de uso. Rosa et al. (2003) salientam que os teores de P diminuem em profundidade, especialmente no solo sob floresta nativa.

Foram testados coeficientes de correlação entre as características químicas e físicas estudadas para os diferentes usos do solo, entretanto, em geral, a maioria dos atributos químicos não se correlacionaram com as características físicas para os três usos, sendo apresentadas apenas as que obtiveram coeficientes significativos (Quadro 1.5). No solo sob mata os teores de COT e N apresentaram correlação inversa com a quantidade de areia e a densidade do solo. Para argila, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e porosidade total apresentaram correlação significativa direta.

Foram encontradas boas correlações entre COT e N com algumas propriedades físicas. No sistema mata foi onde os atributos físicos mais se

correlacionaram com COT e N, reforçando que as características físicas são influenciadas pela matéria orgânica nesse sistema. O sistema cacau, apesar de possuir manejo semelhante à mata apresentou correlações diferenciadas entre as características, com menores coeficientes de correlação e menor significância, provavelmente devido ao tipo de vegetação. No pastejo as correlações foram mais limitadas ainda e sem seguir associação lógica. Provavelmente o tipo de matéria orgânica tenha exercido influência nesta diferenciação de comportamentos entre os três sistemas de uso do solo.

Quadro 1.5 – Coeficientes de correlação de Pearson entre características químicas e físicas dos três sistemas de uso (0 -10 cm)

Propriedade	COT	N
	g kg ⁻¹	
Mata Atlântica		
Areia (g kg ⁻¹)	-0,91***	-0,83**
Silte (g kg ⁻¹)	0,73*	ns
Argila (g kg ⁻¹)	0,66*	0,86**
Ds (g cm ⁻³)	-0,86*	-0,85**
Dp (g cm ⁻³)	ns	ns
CC (%)	0,87**	0,82**
PMP (%)	0,88**	0,89***
PT (%)	0,80**	0,76**
Sistema Cacau		
Areia (g kg ⁻¹)	-0,78**	-0,69*
Silte (g kg ⁻¹)	0,64*	ns
Argila (g kg ⁻¹)	ns	0,64*
Ds (g cm ⁻³)	ns	ns
Dp (g cm ⁻³)	ns	ns
CC (%)	0,70*	0,78**
PMP (%)	0,69*	0,64*
PT (%)	ns	ns
Cultivo com Pastagem		
Areia (g kg ⁻¹)	ns	ns
Silte (g kg ⁻¹)	ns	ns
Argila (g kg ⁻¹)	ns	ns
Ds (g cm ⁻³)	-0,71*	-0,88***
Dp (g cm ⁻³)	-0,72*	ns
CC (%)	ns	ns
PMP (%)	ns	ns
PT (%)	ns	0,61*

*, ** e *** significativos a 5; 1; 0,1%, respectivamente, e ns não-significativo.

Feitosa (2004) cita a possibilidade do teor de argila em mata estar contribuindo para o aumento do teor de P, porém, avaliando nesse sentido, não se

verificou nenhuma correlação entre teor de argila e de P para os sistemas estudados neste trabalho.

O sistema cacau foi o que apresentou mais atributos químicos se correlacionando com a matéria orgânica do solo (Quadro 1.6), o que condiz com os resultados de Bayer & Bertol (1999). Para os três sistemas de uso do solo, a MO correlacionou-se positivamente com o nitrogênio, entretanto, não houve correlação significativa desta com o fósforo disponível.

Quadro 1.6 – Coeficientes de correlação de Pearson entre matéria orgânica e características químicas estudadas nos três sistemas de uso, na profundidade de 0 – 10 cm.

	NT	P	pH	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	CTC	V	m
	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³										%
	cmol _c dm ⁻³											
Mata Atlântica												
MO (g kg ⁻¹)	0,76**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,62*	ns	ns	ns	ns
Sistema Cacau												
MO(g kg ⁻¹)	0,67*	ns	0,58*	0,63*	0,82**	0,81**	ns	-0,71*	ns	0,80**	0,67*	-0,67*
Cultivo com Pastagem												
MO (g kg ⁻¹)	0,89***	ns	ns	0,66*	ns	ns	0,67*	ns	ns	ns	ns	ns

*, ** e *** significativos a 5; 1; 0,1% respectivamente, e ns não-significativo.

Na camada de 10-20 cm de profundidade, o pastejo foi o uso que apresentou mais correlações significativas entre o carbono, o nitrogênio e a matéria orgânica com as características físicas (Quadro 1.7), o mesmo ocorre em relação aos atributos químicos e a matéria orgânica do solo (Quadro 1.8). Possivelmente, o sistema radicular das gramíneas proporciona uma distribuição mais equilibrada dos resíduos orgânicos incorporados ao solo em relação aos sistemas de mata e cacau, que concentram o maior aporte de matéria orgânica na superfície.

Quadro 1.7– Coeficientes de correlação de Pearson entre características químicas e físicas dos três sistemas de uso (10 -20 cm).

Propriedade	COT	NT
	g kg ⁻¹	
Mata Atlântica		
Areia (g kg ⁻¹)	ns	-0,63*
Silte (g kg ⁻¹)	ns	ns
Argila (g kg ⁻¹)	ns	0,66*
Ds (g cm ⁻³)	-0,74*	-0,59*
Dp (g cm ⁻³)	ns	ns
CC (%)	ns	ns
PMP (%)	0,64*	0,66*
PT (%)	0,72*	ns
Sistema Cacau		
Areia (g kg ⁻¹)	ns	ns
Silte (g kg ⁻¹)	ns	ns
Argila (g kg ⁻¹)	ns	ns
Ds (g cm ⁻³)	ns	ns
Dp (g cm ⁻³)	ns	ns
CC (%)	ns	ns
PMP (%)	ns	ns
PT (%)	ns	ns
Cultivo com pastagem		
Areia (g kg ⁻¹)	ns	ns
Silte (g kg ⁻¹)	ns	ns
Argila (g kg ⁻¹)	ns	ns
Ds (g cm ⁻³)	-0,69*	-0,92***
Dp (g cm ⁻³)	ns	ns
CC (%)	ns	ns
PMP (%)	-0,60*	0,72*
PT (%)	0,64*	ns

*, ** e *** significativos a 5; 1; 0,1% respectivamente, e ns não-significativo.

Quadro 1.8 – Coeficiente de correlação de Pearson entre matéria orgânica e características químicas estudadas nos três sistemas de uso, na profundidade de 10 – 20 cm.

	NT	P	pH	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	CTC	V	m
	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³							%	
Mata Atlântica												
MO (g kg ⁻¹)	0,67*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,67*	ns	ns	ns	ns
Sistema Cacau												
MO (g kg ⁻¹)	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cultivo com Pastagem												
MO (g kg ⁻¹)	0,87**	-0,74*	0,72*	0,76**	0,71*	ns	ns	ns	ns	0,83**	0,58*	-0,58*

*, ** e *** significativos a 5; 1; 0,1% respectivamente, e ns não-significativo.

4. Conclusões

- Para as características físicas estudadas, ocorreram mudanças no teor de argila na camada de 0 – 10 cm e nos teores de argila e silte na segunda camada (10 – 20 cm) com a mudança de uso do solo;
- Para as características químicas avaliadas (0-10 cm) observou-se maiores teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e P no sistema cacau, enquanto a pastagem apresentou maior pH e teores de K^{+} e menor CTC. Os atributos Al^{+3} e m decresceram e V aumentou para os dois usos do solo.
- Na segunda camada 10 – 20 cm os sistemas cacau e pastagem apresentaram mudanças apenas em relação ao maior teor de P para o sistema cacau e maior de Ca^{+2} para os dois sistemas de uso;
- Os diferentes sistemas de uso do solo não ocasionaram mudanças no teor de COT e N do solo;
- Na primeira camada foram encontradas boas correlações entre características físicas e COT para mata. A matéria orgânica e atributos químicos na segunda camada apresentaram correlações significativas apenas para a área sob pastejo.

5. Referências Bibliográficas

ABREU JR., C. H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE, A. F. Relações entre acidez e propriedades químicas de solos brasileiros. Sci. agric., Piracicaba, v.60, n.2, p.337-343, 2003,.

ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso da Terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. R. Bras. Ci. Solo, v. 28, p.307 – 315, 2004a.

ARAUJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. R. Bras. Ci. Solo, v. 28, p.337 – 345, 2004b.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. R. Bras. Ci. Solo, v.23, p.687 – 694, 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, v.21, p.105 – 112, 1997.

BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; GERALDES, A. P. da A.; FERNANDES, S. A. P. Carbono e nitrogênio em solo de uma cronossequência de floresta tropical - pastagem de Paragominas. Sci. agric., v.56, n.4, p.777-783, 1999.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. Revista Ceres, Viçosa, v.113, p.73 – 85, 1974.

CANELLAS, L. P.; BERNER, P. G.; SILVA, S. G. da; SILVA, M. B. e; SANTOS, G. de A. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma topossequência no estado do Rio de Janeiro. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 25, n. 1, p. 133 – 143, 2000.

CEPLAC. Diagnóstico socioeconômico da região cacauzeira: recursos hídricos. Ilhéus-Ba. IICA/CEPLAC, 1976. 133 p.

D'ANDREA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; GUILHERME, L. R. G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. Pesq. agropec. bras., v.39, n.2, p.179-186, 2004.

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

ESPIG, S. A. Eficiência da utilização biológica de nutrientes em fragmentos de Mata Atlântica em Pernambuco. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2003. 85 p. (Dissertação de Mestrado).

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. R. Bras. Ci. Solo, v. 27, p. 1097-1104, 2003.

FEITOSA, A. A. N. Diversidade de espécies florestais arbóreas associada ao solo em topossequência de fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2004. 102 p. (Dissertação de Mestrado).

FIALHO, J. F.; BORGES, A. C.; BARROS, N. F. Cobertura vegetal e características químicas e físicas e atividade da microbiota de um solo vermelho-amarelo distrófico. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Campinas, v.15, p.21-28, 1991.

LONGO, R. M.; ESPÍNDOLA, C. R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência na introdução de pastagens (*Brachiaria* sp.) em áreas de cerrado e floresta Amazônica. R. Bras. Ci. Solo, v. 24, p. 723-729, 2000.

MARIN, A. M. P. Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002. 83 p. (Tese de Doutorado).

MATIAS, M. I. A. S. Influência da cobertura vegetal na disponibilidade de nutrientes e na distribuição do sistema radicular em Latossolo Amarelo coeso de Tabuleiro Costeiro. Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, Ba, 2003. 78 p. (Dissertação de Mestrado).

MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica. Departamento de Solos, UFV, 1995, 42 p. (Apostila).

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

PERIN, E.; CERETA, C. A.; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos do Planalto médio do Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, v. 27, p. 665-674, 2003.

ROSA, M. E. C.; OLSZEWSKI, N.; MENDONCA, E. S.; COSTA, M. L.; CORREIA, R. J. Formas de carbono em Latossolo Vermelho Eutroférico sob plantio direto no sistema biogeográfico do cerrado. R. Bras. Ci. Solo, v. 27, n. 5, p.911-923, 2003.

SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; DA ROS, C. O. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistema de manejo e compactação. R. Bras. Ci. Solo, v. 27, p. 797-804, 2004.

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. R. Bras. Ci. Solo, v. 23, p. 593-602, 1999.

TEDESCO, M. J.; WOLKEWESS, S. J.; BOHNER, H. Análises de solo, planta e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS – Faculdade de Agronomia. 1982, 65 p (Boletim técnico 5).

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte Fluminense. R. Bras. Ci. Solo, v. 28, p.842-852, 2004.

Capítulo II

FRACIONAMENTO QUÍMICO E FÍSICO DO CARBONO ORGÂNICO
TOTAL E QUALIDADE DE UM SOLO DE MATA, SUBMETIDO A
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO

Abstract

BARRETO, Arlete Côrtes, MSc., Universidade Federal Rural de Pernambuco; June, 2005. **Chemical and physical fractionation of organic substance and quality of a bush ground that has experienced different systems of use.** Adviser: Maria Betânia Galvão dos Santos Freire. Additional support: Quintino Reis de Araújo e José Ramon Barros Cantalice.

The organic substance of the ground may be considered an important evidence of the ground quality, because it is related to its many chemical, physical, and biological characteristics. Modifications in its content would cause changes in those characteristics, which would represent direct effects at the handling system used. The research took place in a micro hydro basin (MHRU), and the objective was: analyzing characteristics and quantifying the amounts of total organic carbon (TOC) and its parts as evidences of the quality of a ground that has experienced different systems of use: 1 – Mata Atlântica, 2 – Cacao (*Theobroma cacao*), and 3 - pasture (*Brachiaria decumbens*). For Each use, samples were collected, in the depth of 0 - 10 and 10 – 20 cm. The chemical and physical characterization of the ground and the determination of the TOC were proceeded. Right after that, the chemical and physical division of the organic carbon. It was observed that the level of organic carbon did not show any differences in the two depths analyzed, even being submitted to different systems of use. The percentage of humified carbon, in the fulvic acid and humina fractions, was higher in the pasture for the 0 - 10cm layer; the percentage of non-humified carbon was lower in the cacao and pasture systems; there was a bigger C:N relation in the pasture system for the layer of 10 – 20 cm. The implementation of the cacao system increased the level of organic carbon in the light fraction for the layer of 10 - 20cm

Resumo

BARRETO, Arlete Côrtes, MSc., Universidade Federal Rural de Pernambuco; Junho de 2005. **Fracionamento químico e físico da matéria orgânica e qualidade de um solo de mata, submetido a diferentes sistemas de manejo.** Orientadora: Maria Betânia Galvão dos Santos Freire. Conselheiros: Quintino Reis de Araújo e José Ramon Barros Cantalice.

A matéria orgânica do solo pode ser considerada um importante indicador da qualidade do solo, pois ela está relacionada com diversas propriedades químicas, físicas e biológicas do mesmo. Modificações no seu teor significam alterações nessas características, as quais representam efeitos diretos do sistema de manejo empregado. A pesquisa foi conduzida em uma microbacia hidrográfica (MHRU), objetivando-se caracterizar e quantificar os estoques de carbono orgânico total (COT) e suas frações como indicadores da qualidade de um solo, submetido a diferentes usos: 1 - Mata Atlântica, 2 - cacau (*Theobroma cacao*) e 3 - pastagem (*Brachiaria decumbens*). Para cada uso, coletaram-se amostras nas profundidades de 0 - 10 e 10 a 20 cm. Procedeu-se a caracterização química e física do solo e determinação do COT. Em seguida realizou-se o fracionamento químico e físico do carbono orgânico. Sendo que, o teor de carbono orgânico não diferiu entre os diferentes sistemas de manejo nas duas profundidades estudadas. A percentagem de carbono humificado, nas frações ácidos fúlvicos e humina foi maior na pastagem para a camada de 0 – 10 cm e encontrou-se menor percentagem de carbono não humificado nos sistemas cacau e pastagem e maior relação C:N no sistema pastagem para a camada de 10 – 20 cm. A implantação do sistema cacau promoveu aumento na quantidade de carbono orgânico na fração leve para a camada de 10 – 20 cm.

1. Introdução

A bacia hidrográfica do Rio Una ou Aliança constitui um sistema sócio-ecológico de grande importância para o sul da Bahia, entre outros fatores por ainda conservar as maiores áreas de fragmentos remanescentes da Mata Atlântica. Característica essa, peculiar à região, devido a grande expansão da cultura cacaueteira durante décadas, porém, com o declínio da cultura, vários fragmentos encontram-se reduzidos pelo intenso uso agrícola, a que o sistema está submetido, destacando-se as pastagens. Sendo assim, é necessário que se intensifiquem pesquisas no sentido de detectar o estágio de degradação que o solo se encontra e a partir de técnicas conservacionistas preservar a qualidade do solo, viabilizando, concomitantemente, o desenvolvimento da agricultura local.

A matéria orgânica do solo pode ser considerada um importante indicador da qualidade do solo, pois ela está relacionada com diversas propriedades químicas, físicas e biológicas do mesmo. Modificações no teor da matéria orgânica do solo significam alterações nessas características, as quais representam efeitos diretos do sistema de manejo empregado.

Segundo Marchiori Júnior & Melo (2000), o uso do solo na agricultura, depois de retirada a vegetação natural, tem frequentemente mostrado alterações nas propriedades químicas e biológicas, as quais são dependentes das condições do solo, do clima, do tipo de cultura e das práticas culturais adotadas. A interação dessas condições estabelece um novo equilíbrio no sistema solo. A matéria orgânica dos solos pode ser alterada com maior ou menor intensidade, dependendo do sistema agrícola instalado. Stevenson (1994) afirma que em solos com cobertura vegetal natural, o C orgânico encontra-se em equilíbrio dinâmico, com teores praticamente constantes com o tempo. Essa condição é alterada quando o solo é submetido ao cultivo, e um novo equilíbrio é atingido num nível que varia em razão das características do sistema de manejo adotado.

A composição e as propriedades da matéria orgânica variam de acordo com o material orgânico original, condições de decomposição, biossíntese e tempo considerado, evidenciando o efeito do tipo de cobertura vegetal sobre o teor e a distribuição dos componentes orgânicos em solos tropicais (Longo & Espíndola, 2000).

A matéria orgânica é um dos atributos do solo mais sensível a transformações desencadeadas pelos sistemas de manejo. O efeito do preparo do solo na

distribuição da matéria orgânica deve-se aos diferentes graus de revolvimento do solo (Bayer & Bertol, 1999). Segundo Freitas et al. (2000), o papel fundamental da matéria orgânica justifica o crescente interesse pela identificação de sistemas de uso e manejo que melhorem o estoque orgânico em solos tropicais.

A fração orgânica do solo representa um sistema complexo, composto de diversas substâncias, sendo sua dinâmica determinada pela incorporação de material vegetal e animal ao solo e pela transformação destes, via ação de distintos grupos de microorganismos, de enzimas e da fauna do solo. Grande parte da matéria orgânica do solo consiste em uma série de compostos ácidos não humificados, e macromoléculas humificadas. O primeiro grupo é representado pelos compostos orgânicos, incluindo carboidratos, gorduras, ceras e proteínas. Esses compostos orgânicos constituem 10 a 15% da matéria orgânica dos solos minerais. O segundo grupo, e principal componente da matéria orgânica do solo, é representado pelas substâncias húmicas propriamente ditas, que constituem, nos solos minerais, de 85 a 90% da matéria orgânica (Kononova, 1982). Sendo assim, grande parte da pesquisa com matéria orgânica está voltada para o estudo das frações húmicas do solo.

Segundo Silva et al. (2002), a maioria dessas substâncias é facilmente degradada pelos microorganismos do solo e o tempo de permanência no mesmo é curto. As substâncias húmicas são formadas por uma mistura heterogênea de macromoléculas não inteiramente identificáveis quimicamente, sintetizadas no próprio solo, resistente a degradação química e ao ataque microbiano. Estes autores destacam, ainda, que as substâncias húmicas, de modo geral, são ricas em carbono (45-65%), contém nitrogênio (2-6%) e pequenas quantidades de P e S orgânico.

Os ácidos húmicos e fúlvicos representam a porção solúvel em meio alcalino, de maior reatividade e, conseqüentemente, de maior polaridade. Os ácidos fúlvicos são os compostos húmicos de maior solubilidade por apresentarem maior polaridade e menor tamanho molecular. Esses compostos são os principais responsáveis por mecanismos de transporte de cátions dentro do solo. Os ácidos húmicos são os compostos húmicos mais estudados e apresentam pouca solubilidade nas condições de acidez normalmente encontradas em solos. Estes compostos são responsáveis pela maior parte da CTC de origem orgânica em camadas superficiais de solos. A humina apesar de apresentar baixa reatividade, é responsável por mecanismos de agregação das partículas e, na maioria dos solos tropicais, representa boa parte do carbono humificado do solo, destacam Benites et al. (2003).

Matias (2003) enfatiza a matéria orgânica do solo, ou mais precisamente, o carbono, como um dos atributos chaves, indicativo da qualidade ambiental. O carbono orgânico tem um papel importante na determinação de características, físicas e biológicas do solo, como também no equilíbrio global do ciclo do elemento. Daí a necessidade de se avaliar a dinâmica do carbono no ambiente. A proteção física é responsável por prevenir o acesso das enzimas e microorganismos aos compostos, reduzindo assim a taxa de degradação. Segundo Pinheiro et al. (2004a), as variações da fração leve são resultantes da mudança na quantidade e qualidade dos resíduos vegetais que foram adicionados ao solo, da relação entre a entrada por superfície e subsuperfície destes resíduos e, principalmente, das diferentes formas de manejo adotadas.

Assim, a presente pesquisa teve como objetivo caracterizar e quantificar os estoques de carbono orgânico total (COT) e suas frações como indicadores da qualidade de um solo sob Mata Atlântica, sistema agroflorestal (*Theobroma cacao*) e pasto (*Brachiaria decumbens*).

2. Material e Métodos

2.1. Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido em uma microbacia do Rio Una ou Aliança (MHRU), no município de Una, região sul da Bahia. Suas coordenadas geográficas são de 15° 03' - 15° 25' Sul e 39° 00' - 39° 29' Oeste. A área apresenta altitudes que variam entre 36 a 70 m. O clima da região é do tipo quente e úmido, relevo montanhoso e forte ondulado a ondulado. A precipitação média anual é de 1.900 a 2.000 mm. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, na antiga classificação Latossolo Variação Una (CEPLAC, 1976).

2.2. Histórico da área e amostragem do solo

A pesquisa foi conduzida em uma microbacia hidrográfica (MHRU), área com uma extensão de 300 ha, atualmente pertencente ao assentamento de Reforma Agrária ASCOAE, com 20 famílias de pequenos produtores, assentados em abril de 2002. Foi utilizado um fragmento de Mata Atlântica nativa, preservada e dois

sistemas de uso do solo predominante no assentamento: cacau (*Theobroma cacao*) sistema cabruca, anteriormente Mata Atlântica, que sofreu raleamento, retirando apenas o substrato da vegetação, com posterior implantação da cultura, constituindo sistema agroflorestal com bate-folha, este sistema consiste no acúmulo da folhagem e materiais proveniente da poda, formando uma espessa manta orgânica; e pastagem (*Brachiaria decumbens*), gramínea instalada em solo de mata, após o uso com a cultura do cacau em sistema bate-folha. Para cada uso utilizaram-se três áreas amostrais, perfazendo um total de nove áreas, todas em posição de meia encosta, procurando obedecer à mesma posição no relevo e cada área foi dividida em três subáreas, onde foram coletadas 20 amostras simples nas profundidades de 0 - 10 e 10 - 20 cm por caminhamento em zigue-zague. As amostras simples foram reunidas formando uma amostra composta por subárea e por profundidade, sendo estas utilizadas como repetição. O tamanho de cada área amostral sofreu variação em função do uso do solo, oscilando entre 1,5 a 3,0 ha.

2.3. Caracterização física do solo

Após secagem das amostras de solo, estas foram destorroadas e passadas em peneira de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), sendo submetidas às análises de composição granulométrica, densidade do solo, densidade das partículas, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e porosidade total, conforme EMBRAPA (1997). Os resultados são apresentados no Quadro 2.1.

Quadro 2.1. Caracterização física do solo nas duas profundidades estudadas nos sistemas de uso: Mata Atlântica, cultura do cacau e pastagem.

Uso do solo	Prof. cm	Areia	Silte	Argila	Ds	Dp	CC	PMP	PT
		g kg ⁻¹			g cm ⁻³		%		
Mata Atlântica	0 -10	382,5	130,8	486,7	1,07	2,65	24,3	17,3	59,7
	10 -20	385,4	97,9	516,7	1,10	2,67	23,3	17,0	58,8
Cultura do cacau	0 -10	398,5	181,4	420,0	1,11	2,65	24,0	16,3	58,2
	10 -20	385,7	134,3	480,0	1,14	2,73	23,5	16,4	58,3
Pastagem	0 -10	434,9	186,2	378,9	1,10	2,68	24,8	16,3	58,9
	10 -20	416,2	156,0	427,8	1,14	2,74	22,9	15,2	58,3

Ds: densidade do solo; Dp: densidade das partículas; CC: capacidade de campo; PMP: ponto de murcha permanente; PT: porosidade total do solo.

2.4. Caracterização química do solo

Foram, também, realizadas as análises químicas de caracterização do solo: pH em água e teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio e alumínio trocável, seguindo os métodos descritos pela EMBRAPA (1997). A determinação de nitrogênio total foi realizada segundo Tedesco et al. (1982), por digestão sulfúrica e destilação Kjeldhal. A caracterização química dos solos encontra-se no Quadro 2.2.

Quadro 2.2. Caracterização química do solo nas duas profundidades estudadas nos sistemas de uso: Mata Atlântica, cultura do cacau e pastagem.

Uso do solo	Prof. cm	pH (H ₂ O)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺	N
					cmol _c /dm ³			g/kg
Mata Atlântica	0 -10	4,50	1,15	0,81	0,04	0,12	1,14	2,34
	10 -20	4,38	0,51	0,50	0,04	0,10	1,26	1,79
Cultura do cacau	0 -10	5,01	3,44	1,63	0,04	0,12	0,19	2,34
	10 -20	4,90	1,39	1,05	0,03	0,08	0,49	1,60
Pastagem	0 -10	5,65	2,60	1,41	0,05	0,20	0,11	2,12
	10 -20	5,31	1,57	0,83	0,03	0,13	0,22	1,55

pH (H₂O): pH em água; Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; Na⁺: sódio; K⁺: potássio; Al³⁺: alumínio trocável e N: nitrogênio total.

2.5. Determinação de COT e fracionamento químico da matéria orgânica

Após a caracterização química do solo, procedeu-se a determinação do carbono orgânico total (COT) por meio de digestão sulfúrica com aquecimento externo de acordo com EMBRAPA (1997). O fracionamento químico das substâncias húmicas foi executado com base na solubilidade em meio ácido e alcalino, utilizando-se NaOH 0,1 mol L⁻¹ na relação solo:extrator de 0,2:10 p/v, separando-se as frações: ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (H), conforme método de Stevenson (1994), com posterior determinação do carbono orgânico em cada fração por meio de digestão sulfúrica com aquecimento externo de acordo com EMBRAPA (1997). A percentagem de carbono humificado foi obtida a partir da soma de carbono das três frações e o carbono não humificado por diferença entre COT e carbono humificado, por fim, calculou-se a relação AH:AF. Após determinação do COT e N, calculou-se a relação C:N.

2.6. Fracionamento físico da matéria orgânica

Fração leve com densidade menor que 1 kg dm⁻³

Após a caracterização química e física do solo, procedeu-se à separação da fração leve, com densidade menor que 1 kg dm⁻³ seguindo método descrito por Fraga (2002). Pesaram-se 50 g de TFSA triturada em almofariz e passada em peneira de 0,5 mm. Em seguida este material foi colocado em peneira de 0,053 mm e lavado até saída da fração silte e argila. No material retido na peneira separou-se, por flotação, a fração leve realizando-se, em seguida, a determinação de carbono orgânico total (COT) desta fração pelo método de Tiessen & Moir (1993).

2.7. Análises Estatísticas

Com a obtenção dos dados, estes foram submetidos à análise de variância, utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, considerando isoladamente as camadas de 0 - 10 e 10 - 20 cm. Aplicou-se o teste de Tukey para a comparação das médias dos diferentes sistemas de uso do solo, ao nível de 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos indicaram que o solo de mata submetido à sucessão de culturas, não apresentou alterações nos teores de carbono orgânico total no solo nas profundidades de 0 - 10 e 10 - 20 cm. Já na fração húmica, foi observada diferença significativa nos teores de COT na profundidade de 0 - 10 cm, onde o solo sob o sistema cacau apresentou teores iguais para mata e menores que no solo sob pastagem (Quadro 2.3). Provavelmente as gramíneas, por serem plantas C₄, contribuem para elevar e manter os aportes de carbono no solo e seu sistema radicular também aporta grande quantidade de carbono, com estabilização desse, aumenta o carbono na fração húmica. No solo sob pastagem, o teor de carbono orgânico na fração húmica é mais elevado (0-10 cm), mas quando comparado com o sistema mata, condiz com os resultados de Marchiori Jr. & Melo (2000), em relação à fração húmica, pois estes destacam maiores valores de carbono orgânico no solo,

e na fração humina no tratamento com mata natural nas profundidades de 0 - 10 e 10 - 20 cm.

Quadro 2.3 – Teores de carbono orgânico total (g kg^{-1}) no solo e na fração humina, em um solo de Mata submetido a diferentes usos, nas profundidades de 0 – 10 e 10 – 20 cm.

Uso do solo	0 - 10 cm		10 - 20 cm	
	COT no solo	COT na humina	COT no solo	COT na humina
Mata Atlântica	26,82 A	5,73 AB	17,09 A	3,58 A
Cultura do cacau	26,32 A	5,45 B	17,54 A	3,64 A
Pastagem	25,61 A	8,11 A	19,19 A	4,95 A

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Possivelmente a profundidade amostrada (0–10 e 10–20 cm), tenha sido muito espessa para apresentar diferença significativa, já que Pinheiro et al. (2004b) afirmam que dependendo do tipo de uso do solo, a concentração de carbono pode ser maior nos primeiros cinco centímetros ou mais uniforme em profundidade. Freitas et al. (2000), destacam menores variações em pastagem degradada (19,0 de 0-10 e 16,40 mg g^{-1} de 10-20 cm), quando comparado com pastagem não degradada (22,0 de 0-10 e 16,10 mg g^{-1} de 10-20 cm). Enquanto encontrou-se na camada de 0 – 10 cm (25,61 mg g^{-1}) e para 10 – 20 cm (19,19 mg g^{-1}), considerando maior aporte de carbono em Mata Atlântica (26,82 de 0-10 e 17,09 mg g^{-1} de 10-20 cm), quando comparado com Cerrado. O cultivo da cultura de cacau acompanhou os valores da mata.

Nesse sentido, pode-se cogitar a possibilidade da pastagem estudada apontar os primeiros indícios de um princípio degradativo do solo, se não receber um manejo adequado, quando comparado ao solo preservado com mata nativa, já que o tempo de estabelecimento da mesma é curto. A redução no aporte de carbono na camada superior, pode ser favorecido pela diminuição da adição de resíduos vegetais, condições que favoreçam o aumento da atividade microbiana, pelas perdas devido à erosão, entre outros fatores. Para Freitas et al. (2000) a introdução de culturas e, ou, pastagens parece exercer pequeno efeito nos teores de carbono nas camadas superiores (0 -20 cm).

O maior percentual de carbono orgânico foi encontrado na fração humina (Quadro 2.4) para todos os usos estudados na camada de 0 – 10 cm, o que

concorda com Benites et al. (2003), sendo detectada diferença significativa para os usos cacau e pastagem. Apesar de concordar com Marchiori Jr. & Melo (2000), em relação à predominância do carbono na fração humina, vale salientar valores máximos de 33,18%, contra 74,00% encontrados pelos autores, 50,00 a 78,00% (Souza & Melo, 2003) e 50,00 a 60,00 % detectados por Leite et al. (2003). Para Araújo et al. (2004), a fração predominou nos quatro tipos de uso (mata nativa, milho, pupunha e pastagem) para as profundidades estudadas (0-60 cm). O que não condiz com os resultados obtidos nessa pesquisa para a segunda camada (10-20 cm), onde a fração humina não predominou em relação às demais frações. As maiores variações de carbono orgânico nas três frações foram nos primeiros centímetros do solo, porém, no solo sob Mata Atlântica as variações foram menores.

Quadro 2.4 – Percentual de carbono nas frações em relação ao carbono orgânico total: AF, AH e H; na fração humificada (CHUM) e não humificada (CNHUM); relação dos ácidos (AH:AF) e relação carbono nitrogênio (C:N), em solo de Mata submetido a diferentes usos, na profundidade de 0 a 10 cm.

Variável	Uso		
	Mata Atlântica	Cultura do cacau	Pastagem
Ácidos fúlvicos (%)	14,98 B	19,59 AB	26,21 A
Ácidos húmicos (%)	4,84 A	9,04 A	8,22 A
Humina (%)	22,19 AB	20,50 B	33,18 A
CHUM (%)	42,59 B	49,74 AB	67,69 A
CNHUM (%)	57,41 A	50,26 AB	32,31 B
AH:AF	0,30 A	0,59 A	0,38 A
C:N	11,46 A	11,58 A	12,11 A

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Marchiori Jr. & Melo (2000) citam uma redução de carbono de até 70% pelo uso do solo por 40 anos com cultivo de milho, em relação à gramínea natural, firmando mais uma vez os resultados aqui apresentados, quando o pastejo não promoveu diminuição significativa nos teores de carbono no solo. Os valores de carbono orgânico no solo encontrados por Souza & Melo (2003) em diferentes sistemas de manejo não apresentaram diferenças significativas entre mesmos, com

decréscimo nas camadas inferiores, corroborando estes resultados (Quadro 2.3). Corazza et al. (1999) destacam que, após um período de 12 anos, solo de áreas manejadas sob reflorestamento de eucalipto, pastagem cultivada e plantio direto, apresentou balanço de carbono maior que o observado na área sob vegetação típica do Cerrado.

Segundo Leite et al. (2003), após 16 anos de cultivo agrícola, diferentes estratégias de manejo resultaram em redução nos teores de carbono orgânico total em relação à Floresta Atlântica, indicando a susceptibilidade da oxidação do carbono dos solos sob vegetação natural, quando esses são submetidos à agricultura. Provavelmente, o curto tempo de implantação da pastagem não tenha sido suficiente para ocasionar diminuição nos teores de carbono orgânico.

Por outro lado, Marchiori Jr. & Melo (2000), indicam que três anos de cultivo de milho foram suficientes para apresentar uma tendência de redução de carbono orgânico no solo, o contrário aconteceu com a cultura do café. Os autores destacam que as maiores reduções nos teores de carbono orgânico no solo em decorrência do uso, ocorreram na camada de 0 – 10 cm e, menores, na profundidade de 10 – 20 cm. Quanto à cultura do cacau, era esperado que o teor de COT fosse próximo ao da mata, já que apresenta um manejo semelhante à mata nativa, com o sistema bate-folha que conserva uma espessa serrapilheira sobre o solo. Para Cerri et al. (1996) a principal fonte de carbono para o solo é a liteira. Leite et al. (2003) salientam ainda que os estoques de carbono são determinados pelo balanço das entradas, como o aporte de resíduos vegetais e a aplicação de compostos orgânicos, e as saídas, por meio da decomposição da matéria orgânica do solo.

Tormena et al. (2004) destacam que plantio direto sem revolvimento do solo e com rotação de culturas, resultou em acúmulo de carbono nas camadas superficiais do solo. A concentração de carbono orgânico no solo é importante para a qualidade do mesmo, principalmente em relação à proteção das gotas de chuva e pisoteio, complementam os autores.

Proporcionalmente, a fração húmica predominou em relação às demais frações de carbono humificado (Quadro 2.4), porém a área de pastejo apresentou valores superiores dessa fração, apesar destes percentuais serem considerados baixos. Isso é reflexo do baixo percentual de carbono humificado no solo, quando na literatura encontram-se relatos de que este varia de 85 a 90% em solo minerais (Kononova, 1982). Por outro lado, Canelas et al. (2001) destacam que as frações humificadas representam 43 e 45% do carbono orgânico em Latossolo e Argissolo,

respectivamente. No presente estudo foram encontrados valores máximos de 67,69 e 69,73% para as camadas de 0 – 10 cm (Quadro 2.4) e 10 – 20 cm (Quadro 2.5), respectivamente em solo sob pastagem. Apenas na primeira camada (0-10 cm) foram encontradas diferenças significativas entre os usos.

Quadro 2.5 – Percentual de carbono nas frações em relação ao carbono orgânico total: AF, AH e H; na fração humificada (CHUM) e não humificada (CNHUM); relação dos ácidos (AH:AF) e relação carbono nitrogênio (C:N), em solo de Mata submetido a diferentes usos, na profundidade de 10 a 20 cm.

Variável	Uso		
	Mata Atlântica	Cultura do cacau	Pastagem
Ácidos fúlvicos (%)	27,34 A	27,06 A	36,97 A
Ácidos húmicos (%)	5,33 A	5,18 A	4,70 A
Humina (%)	22,96 A	20,81 A	28,05 A
CHUM (%)	55,62 A	53,05 A	69,73 A
CNHUM (%)	44,38 A	46,95 A	30,77 B
AH:AF	0,29 A	0,20 A	0,19 A
C:N	9,68 B	10,95 B	12,31 A

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para Cerri et al. (1996) há rápida mineralização da matéria vegetal e humificação de parte do carbono que é fixado, e depois se condensa como ácidos fúlvicos e ácidos húmicos, na forma de complexo argilo-húmico, a acumulação do carbono no solo é compensada pela mineralização de uma parte do carbono humificado. No equilíbrio os ganhos são equivalentes às perdas.

Araújo et al. (2004) observaram que os ácidos fúlvicos e húmicos decresceram em profundidade de maneira semelhante. Tais resultados não corroboram os encontrados (Quadros 2.4 e 2.5) para os ácidos fúlvicos, que aumentaram com a profundidade, e confirma o comportamento dos ácidos húmicos que diminuíram, exceto para o solo sob Mata Atlântica. Provavelmente, o aumento dos ácidos fúlvicos na camada de 10 – 20 cm, seja devido à abertura de canais decorrentes das raízes, já que os três sistemas apresentam porosidade semelhante. Este aumento foi maior no sentido mata-cacau-pastagem, podendo ser justificado

pelo sistema cacau e principalmente pasto não apresentarem muitas raízes de vários tipos, espessas e profundas promovendo abertura de galerias, o que ocorre na mata. Araújo et al. (2004) usam a mesma explicação para a lixiviação desses ácidos no solo, comparando pupunha com pastagem.

Para Marchiori Jr. & Melo (2000), os teores de carbono orgânico das frações ácidos fúlvicos e ácidos húmicos não foram afetados significativamente pelos usos agrícolas do solo. No entanto, ao se analisar a percentagem de carbono orgânico do solo na forma de ácidos fúlvicos e ácidos húmicos, observaram um aumento com os usos agrícolas do solo em relação à mata natural, principalmente na profundidade de 0 – 10 cm. Estes confirmam os resultados encontrados na presente pesquisa em relação aos ácidos fúlvicos na primeira profundidade.

Os solos sob pastagem, quando comparados aos demais, foram os que apresentaram os maiores valores de ácidos fúlvicos livres. Nesse solo, a intensa adição de carbono orgânico através da renovação do sistema radicular das gramíneas, favorece a decomposição constante e menos rápida da matéria orgânica, propiciando a formação da fração facilmente biodegradável, salientam Fontana et al. (2001).

Leite et al. (2003), pesquisando área de Floresta Atlântica e área agricultável com milho, com e sem adubação orgânica verificaram que a fração ácidos fúlvicos foi menor nos sistemas de produção quando comparado à Floresta. No entanto, na camada mais profunda (10-20 cm), a área que recebeu adubação apresentou estoque de ácidos fúlvicos semelhante à área com mata. Porém, neste trabalho foram encontradas proporções de ácidos fúlvicos e humina na pastagem superiores ao sistema Mata Atlântica para a primeira camada (Quadro 2.4), não diferindo na segunda camada para os três usos do solo (Quadro 2.5). Isso pode ser devido ao sistema com pastagem propiciar grande aporte de carbono orgânico no solo, pois este apresentou maior percentagem de carbono orgânico na forma humificada. Os autores salientam, ainda, que os sistemas de produção que receberam adubação orgânica apresentaram os maiores estoques e, portanto, as menores perdas.

Em relação aos ácidos húmicos, não houve diferença entre os usos do solo, em ambas as profundidades, porém ocorreu uma tendência de aumento na segunda profundidade do solo com mata em relação ao solo com pastagem. Provavelmente, o solo com vegetação nativa apresenta tendência a possuir maior quantidade da fração mais recalcitrante, ou houve uma conversão rápida de ácidos fúlvicos em ácidos húmicos neste sistema, concordando com Souza & Melo (2003) em relação à

primeira profundidade para os três usos do solo, e na Mata Atlântica para a segunda profundidade. Porém, isso justificaria uma conversão em pequena escala, já que ambos os sistemas e profundidades apresentam maior percentagem de ácidos fúlvicos em relação aos ácidos húmicos.

Para os sistemas cacau e pastagem, os ácidos húmicos sofreram redução na segunda profundidade (Quadro 2.5). Isso parece indicar que a fração ácidos húmicos tem menor mobilidade no solo, concentrando-se nas camadas superiores. Com efeito, trata-se de uma fração insolúvel em meio ácido, característica freqüente em regiões de solos tropicais e subtropicais, destacam Souza & Melo (2003).

De forma similar à fração ácidos fúlvicos, a fração humina também apresentou maiores estoques de carbono orgânico no sentido pastagem-cacau-mata, demonstrando diferença significativa apenas na primeira profundidade. O que não condiz com os resultados encontrados por Leite et al. (2003) e Longo & Espíndola (2001). Para Leite et al. (2003), o fato de a fração humina apresentar maiores percentagens de carbono orgânico, pode ser justificado devido às frações ácidos fúlvicos e ácidos húmicos apresentarem menor estabilidade, sofrerem processos de movimentação no perfil, polimerização, ou mineralização, diminuindo sua composição percentual no solo.

Assim, foi detectada maior percentagem de carbono na fração ácidos fúlvicos na segunda camada para todos os usos (Quadro 2.5). Longo & Espíndola (2000) completam afirmando que a maior permanência da humina no solo deve-se a sua insolubilidade e resistência a biodegradação, ocasionada pela formação de complexos metálicos estáveis ou complexos argilo-húmicos. Segundo Canellas et al. (2001) a maior parte do carbono orgânico total presente no solo de uma topossequência com declividade de 5%, é composto basicamente pelas huminas, por ser a fração que se encontra intimamente associada à fração mineral do solo.

Outra hipótese que explicaria este comportamento seria a migração de ácidos fúlvicos para camadas mais profundas do solo, afirmam Souza & Melo (2003). Confirmando assim, os sistemas mata, cacau e pastagem (Quadro 2.5). Acrescentam ainda, que o carbono orgânico dos ácidos fúlvicos aumentaram no sentido das camadas mais profundas, enquanto, o carbono dos ácidos húmicos reduziu no mesmo sentido. Isso corroboram os resultados do presente trabalho, exceto no solo preservado com Mata Atlântica. Por outro lado, eles não detectaram diferença significativa entre diferentes sistemas com milho, para a camada de 10 a 20 cm de profundidade.

O estágio de mineralização da matéria orgânica e a incorporação de N à estrutura húmica, pode ser indicado pela predominância da fração ácidos húmicos (Pizauro Jr. & Melo, 1995). A presença de maiores valores de carbono na fração ácidos húmicos parece indicar um estágio mais avançado de mineralização da matéria orgânica, justificável pela maior relação C:N nos ácidos fúlvicos e menor nos ácidos húmicos, mostrando maior incorporação de N nas frações mais estáveis das substâncias húmicas do solo (Souza & Melo, 2003). Esclarecendo assim, que o uso do solo com pastagem na camada de 10 – 20 cm está demonstrando uma lenta mineralização, seguido de cacau e mata (Quadro 2.5).

Souza & Melo (2003) encontraram a maior parte do carbono orgânico do solo na forma de humina, sendo esta a forma mais estável da matéria orgânica do solo. Em solo de mata sob pastagem foi encontrado maior percentagem de humina na camada de 0 – 10 cm (Quadro 2.4), os mesmos autores explicam que essa situação pode ter ocorrido pelo fato da atividade microbiana se concentrar nesta camada, ocorrendo maior continuidade no processo de degradação do material orgânico e sua estabilização no solo, o que é dificultado nas camadas mais profundas. Sendo assim, esse processo é mais intenso na pastagem do que no sistema com a cultura do cacau.

Fatores como o revolvimento do solo, a presença de maior quantidade de resíduos facilmente decomponíveis na superfície e a presença de maior quantidade de raízes até a profundidade de 10 cm parecem ter exercido efeitos supressivos nos teores de carbono presentes na forma humificada mais estável. O maior valor de carbono na forma de humina implica, em última instância, maior retenção de umidade, melhor estruturação do solo e maior retenção de cátions, características de extrema importância quando se trata de estudo e desenvolvimento de sistemas sustentáveis de produção agrícola, completam os autores.

Fontana et al. (2001), estudando diferentes classes de solos e coberturas vegetais na profundidade de 0 – 20 cm, detectaram a humina, dentre todas as frações humificadas, a presente em maior proporção. E dentre as classes de solo, o Latossolo foi que apresentou também maiores valores dessa fração. Marin (2002) encontrou maiores valores da fração humina nos primeiros quinze centímetros de profundidade, isso provavelmente, deve-se a menor mobilidade desta fração em relação aos ácidos fúlvicos e húmicos. Para o sistema agroflorestal, detectou-se um teor mais alto e um decréscimo em profundidade, porém para o sistema

convencional esse decréscimo foi mais acentuado, o que confirma os resultados aqui apresentados em relação ao pastejo (0-10 cm).

Quanto à relação AH:AF, não se detectou diferença significativa entre os sistemas de uso nas duas profundidades estudadas. Fontana et al. (2001) encontraram valores da relação AH:AF superiores a 1, indicando que nessas áreas há predomínio de ácidos húmicos em relação aos ácidos fúlvicos, apresentando um material orgânico mais estável e os solos sob pastagens apresentaram maiores valores AH:AF. Leite et al. (2003), encontraram maior proporção AH:AF para solo sob Floresta Atlântica quando comparado com solo sob sistemas de produção. Segundo Canellas et al. (2001), valores da relação AH:AF próximos a um, conferem maior equilíbrio entre as frações humificadas reativas.

Campos et al. (1999) revelam que os solos cultivados com gramíneas apresentam cobertura morta bastante eficiente, mostrando assim a superioridade da gramínea em relação às leguminosas, que apresentam menor relação C:N. Talvez isso explique o sistema com pastagem apresentar maior relação C:N (Quadro 2.5) em relação ao solo sob mata e cacau, principalmente no tangente a mata, já que nesse sistema provavelmente as leguminosas prevalecem em relação as gramíneas. Freitas et al. (2000), em pesquisa realizada com Latossolo sob vegetação nativa (Cerrado) e com pastagens, encontraram elevadas relações C:N, variando entre 14 e 18 para as camadas de 0 – 10 e 10 – 20 cm, respectivamente.

Ao se comparar o peso da fração leve entre os usos e nas duas profundidades, não foram detectadas diferenças, porém, foi observada uma tendência de decréscimo no sentido pasto-mata-cacau nas duas profundidades (Figura 2.1). Ao analisar o peso da fração leve com densidade menor que $1,80 \text{ g cm}^{-3}$, Pinheiro et al. (2004) mostraram que solos com cobertura vegetal de gramíneas apresentam grande quantidade de massa na fração leve, principalmente quando comparados com sistemas sem adição de material orgânico e submetidos de forma mais intensa, aos processos erosivos. Porém detectou-se que quando comparado à sistemas com grande adição de resíduos vegetais, a pastagem apresenta a mesma quantidade de fração leve, isso considerando a fração com densidade menor que 1 kg dm^{-3} .

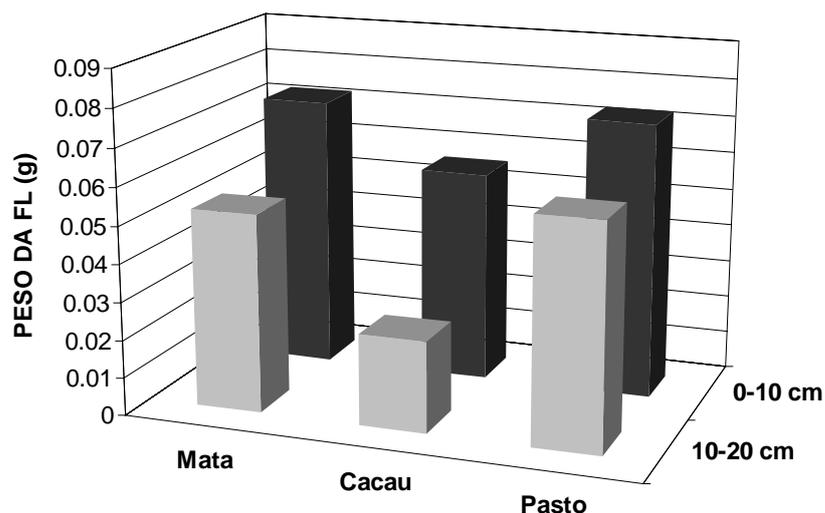


Figura 2.1 – Peso da fração leve da matéria orgânica em solo de Mata Atlântica submetido a diferentes sistemas de uso, nas profundidades de 0 – 10 e 10 – 20 cm.

As variações do conteúdo da fração leve são resultantes das mudanças na quantidade e qualidade dos resíduos vegetais que são adicionados ao solo, da relação entre a entrada por superfície e subsuperfície destes resíduos e, principalmente, das diferentes formas de manejo adotadas, completam os autores.

Por outro lado, os teores de carbono orgânico da fração leve, com densidade maior que 1 kg dm^{-3} , não foram significativamente diferentes entre o solo preservado com mata nativa e os demais sistemas de uso do solo, para a camada de 0 – 10 cm. Na segunda camada (10-20 cm) o solo cultivado com cacau apresentou valor significativamente maior quando comparado com a mata (Figura 2.2), enquanto a pastagem não apresentou diferença significativa. Fraga (2002) encontrou valores médios de carbono na fração leve equivalentes a $0,47 \text{ mg g}^{-1}$ de solo em caatinga (0-15 cm). Na presente pesquisa encontrou-se valores menor em pastagem ($1,20 \text{ mg g}^{-1}$), e maior no cultivo com cacau ($3,55 \text{ mg g}^{-1}$) de carbono na fração leve, quando comparados com solo sob Mata Atlântica ($1,82 \text{ mg g}^{-1}$). Segundo Marin (2002) os aumentos dos teores da fração leve encontrados no sistema agroecológico, estão favorecendo um incremento nas formas de carbono orgânico, o que deve estar favorecendo uma rápida ciclagem de nutrientes.

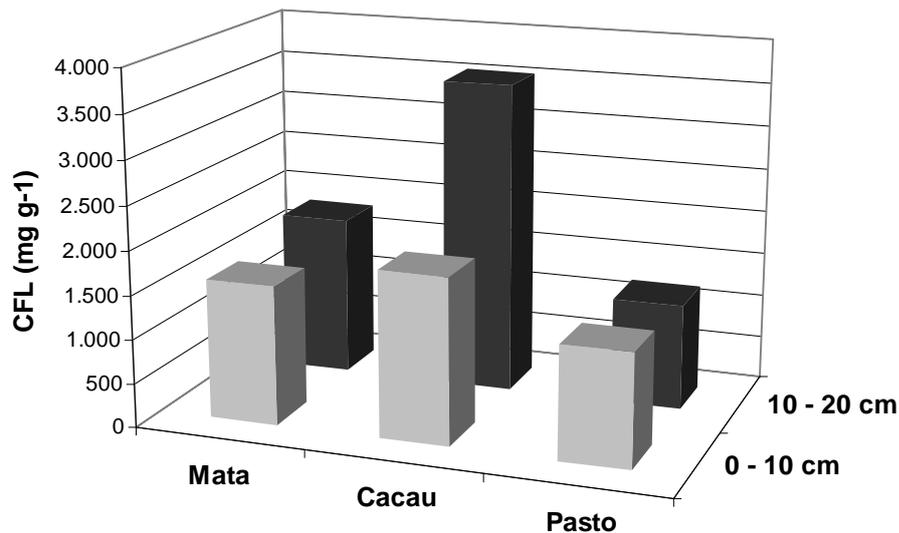


Figura 2.2 – Teores de carbono na fração leve da matéria orgânica em solo de Mata Atlântica submetido a diferentes sistemas de uso, nas profundidades de 0 – 10 e 10 – 20 cm.

Leite et al. (2003) destacam que o carbono da fração leve foi maior em sistemas de produção com adubação orgânica do que nos sistemas apenas com adubação mineral ou sem adubação. Os maiores estoques de carbono da fração leve nos sistemas com adubação orgânica provavelmente são decorrentes das maiores produtividades das culturas neste sistema, o que causa aumento no retorno para o solo de substratos orgânicos, por meio da parte aérea, raízes e exudatos, em relação aos sistemas sem a presença de adubação orgânica.

Provavelmente o maior teor de carbono na fração leve (10-20 cm) no cultivo com cacau, seja proveniente do sistema radicular das raízes da cultura e do sistema bate-folha, inferindo sobre a qualidade da matéria orgânica leve desse solo.

4. Conclusões

- O teor de carbono orgânico não diferiu entre os diferentes sistemas de manejo nas profundidades de 0 – 10 e 10 – 20 cm;
- A implantação da pastagem promoveu aumento de carbono orgânico na fração humina para a camada de 0 – 10 cm;
- A percentagem de carbono humificado, na fração ácidos fúlvicos e humina foi maior na pastagem para a camada de 0 – 10 cm;

- Foi encontrada menor percentagem de carbono não humificado nos sistemas cacau e pastagem e maior relação C:N no sistema pastagem para a camada de 10 – 20 cm;
- A implantação do sistema cacau promoveu aumento na quantidade de carbono orgânico na fração leve para a camada de 10 – 20 cm.

5. Referências Bibliográficas

ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F. & GUERRA, A. Uso da Terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. R. Bras. Ci. Solo, v. 28, p. 307 – 315, 2004.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase a matéria orgânica. R. Bras.Ci. Solo, n. 23, p. 687 - 694. 1999.

BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. de A. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2003, 7 p. (Comunicado técnico).

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. de A. RUMJANEK, V. M.; MORAES, A. A. e GURIDI, F. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. Pesq. agropec. bras., v. 36, n. 12, p. 1529 – 1538, 2001.

CAMPOS, B. C.; REINERT, J. D.; NICOLODI, R.; CASSOL, L. C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. R. Bras. Ci. Solo, v. 23, p. 383 - 391. 1999.

CEPLAC. Diagnóstico socioeconômico da região cacaueira: recursos hídricos. Ilhéus-Ba. IICA/CEPLAC, 1976. 133 p.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; VOLKOFF, B.; MORAES, J. L. Dinâmica do carbono nos solos da Amazônia. V. ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F.

In: O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável. Viçosa, 1996. p. 61 – 69.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação a vegetação de Cerrado. R. Bras. Ci. Solo, v. 23 p. 425 – 412, 1999.

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

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; NASCIMENTO, G. B. do; ANJOS, L. H. C. dos; EBELING, A. G. Matéria orgânica em solos de tabuleiros na região norte Fluminense-RJ. Floresta e Ambiente. v 8, n 1, p 114 – 119, 2001.

FRAGA, V. da S. Mudanças na matéria orgânica (C, N e P) de solos sob agricultura de subsistência. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pe. 2002. 76 p. (Tese de Doutorado).

FREITAS, P. L. de; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY, M. C.; FALLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.35, n.1, p. 157 – 170, 2000.

KONONOVA, M. M. Matéria orgânica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. Barcelona, Oikos-Tou. 1982. 365 p.

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

LONGO R. M.; SPÍNDOLA C. R. C - orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influencia da introdução de pastagens (*Brachiaria* sp.) em áreas de cerrado e floresta amazônica. R. Bras. Ci. Solo, v. 24, p. 723 – 729. 2000.

MARCHIORI JUNIOR, M.; MELO, W. J. de. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1177 – 1182, 2000.

MARIN, A. M. P. Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2002. p. 83 (Tese de Doutorado).

MATIAS, M. I. A. S. Influência da cobertura vegetal na disponibilidade de nutrientes e na distribuição do sistema radicular em Latossolo Amarelo coeso de Tabuleiro Costeiro. Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, Ba. 2003. 78 p. (Dissertação de Mestrado).

PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil. *Soil & Tillage Research*, xxx, p. 1 – 6, 2004b.

PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. & MACHADO, P. L. O. A. Fracionamento densimétrico da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetal em Paty do Alferes (RJ). *R. Bras. Ci. Solo*, v. 28 p. 731 – 737, 2004a.

PIZAURO JUNIOR, J. M. & MELO, W. J. Influência da incorporação da parte aérea de sorgo ou lablabe nas frações da matéria orgânica de um Latossolo vermelho-escuro. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 19, p. 95 – 103, 1995.

SILVA, A. M. da; CORRÊA, F. L. de O.; SILVA, J. G. da; SILVA, C. A. Matéria orgânica do solo: propriedades coloidais e eletroquímicas da matéria orgânica do solo e reações dos colóides orgânicos no solo. Lavras, Minas Gerais, 2002, 60 p. (Apostila).

SOUZA, W. J. O. & MELO, W. J. Matéria orgânica de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 27, p. 1113 – 1122, 2003.

STEVENSON, F. J. Humus Chemistry: genesis, composition, reaction. New York: Willey interscience. 1994. 443 p.

TEDESCO, M. J.; WOLKEWESS, S. J.; BOHNER, H. Análises de solo, planta e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS – Faculdade de Agronomia. 1982, 65 p (Boletim técnico 5).

TIESSEN, H.; MOIR, J. O. Total and organic carbon. CARTER, M. R. In: Soil sampling and methods of analysis. Saskatchewan, 1993. p. 187 – 199,

TORMENA, C. A.; FRIEDRICH, R. ; PINTRO, J. C. ; COSTA, A. C. S. & FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo vermelho após dez anos sob dois sistema de manejo. R. Bras. Ci. Solo, v. 28 p. 1023 – 1031, 2004.

Considerações Finais

As áreas sobre vegetação nativa estão diminuindo a cada dia com conseqüências irreparáveis para o planeta. É necessário conservar de forma que se faça uso racional, eficiente e produtivo, de modo a satisfazer as necessidades das atuais e futuras gerações. Com a alteração de um sistema natural pela implantação de um sistema produtivo, há uma modificação nas taxas de adição e decomposição, alterando o teor de matéria orgânica do solo até que se atinja um novo estágio de equilíbrio, que é determinado pelo manejo que se aplica no sistema, que depende do tipo de solo.

A presente pesquisa mostrou que o manejo do solo, desde quando aplicado de forma conservacionista, contribui para a preservação da qualidade do solo e que é possível a partir do teor de matéria orgânica definir variáveis sensíveis à degradação do solo. Mostrando a importância de se estudar os compartimento do carbono no solo e comprovando, o que a literatura cita de forma unânime: a matéria orgânica é um indicador chave da qualidade do solo.

ANEXOS

Quadro 1.1 - Análise de variância das características físicas em função de uso, área e repetição na profundidade de 0 - 10 cm do capítulo I.

Fonte de Avaliação		GL	Quadrado Médio
Areia			
Uso		2	6498,528 ^{ns}
Área		2	2024,694 ^{ns}
Rep		2	6257,028 ^{ns}
Resíduo		20	8899,226
CV %	23,404		
Silte			
Uso		2	8468,343 ⁰
Área		2	4966,732 ^{ns}
Rep		2	1441,287 ^{ns}
Resíduo		20	2984,984
CV %	32.883		
Argila			
Uso		2	26625,92*
Área		2	6248,148 ^{ns}
Repetição		2	5137,037 ^{ns}
Resíduo		20	7025,925
CV %	19.561		
Densidade do solo			
Uso		2	0,0040 ^{ns}
Área		2	0,0051 ^{ns}
Rep		2	0,0034 ^{ns}
Resíduo		20	0,0032
CV %	5,179		
Densidade das partículas			
Uso		2	0,0026 ^{ns}
Área		2	0,0096 ⁰
Rep		2	0,0056 ^{ns}
Resíduo		20	0,0032
CV %	2,117		

Continuação ...

Ponto de murcha permanente		
Uso	2	2,9333 ^{ns}
Área	2	4,0754 ^{ns}
Repetição	2	10,8889 ^{ns}
Resíduo	20	9,1566
CV %	18,190	

Capacidade de campo		
Uso	2	1,5305 ^{ns}
Área	2	7,1242 ^{ns}
Repetição	2	10,9187 ^{ns}
Resíduo	20	11,4660
CV %	13.909	

Porosidade total		
Uso	2	4,9178 ^{ns}
Área	2	5,3783 ^{ns}
Rep	2	8,1011 ^{ns}
Resíduo	20	4,2771
CV %	3,509	

Quadro 1.2 - Análise de variância das características físicas em função de uso, área e repetição na profundidade de 10 - 20 cm do capítulo I.

Fonte de Avaliação		GL	Quadrado Médio
Areia			
Uso		2	2828,620 ^{ns}
Área		2	4292,787 ^{ns}
Rep		2	10164,84 ^{ns}
Resíduo		20	7405,834
CV %	21,745		
Silte			
Uso		2	7746,065*
Área		2	2082,787 ^{ns}
Rep		2	58,1759 ^{ns}
Resíduo		20	1636,390
CV %	31,255		
Argila			
Uso		2	17959,26 ⁰
Área		2	803,7039 ^{ns}
Repetição		2	9292,593 ^{ns}
Resíduo		20	5198,147
CV %	15.184		
Densidade do solo			
Uso		2	0,0047 ^{ns}
Área		2	0,0063 ^{ns}
Rep		2	0,0018 ^{ns}
Resíduo		20	0,0032
CV %	4,998		
Densidade das partículas			
Uso		2	0,0098*
Área		2	0,0177**
Rep		2	0,0048 ^{ns}
Resíduo		20	0,0027
CV %	1,923		

Continuação ...

Ponto de murcha permanente		
Uso	2	7,6042 ^{ns}
Área	2	0,2592 ^{ns}
Repetição	2	7,08825 ^{ns}
Resíduo	20	8,3920
CV %	17,916	

Capacidade de campo		
Uso	2	0,8970 ^{ns}
Área	2	5,1112 ^{ns}
Repetição	2	13,2365 ^{ns}
Resíduo	20	12,6550
CV %	15,307	

Porosidade total		
Uso	2	0,9886 ^{ns}
Área	2	3,7996 ^{ns}
Rep	2	0,7826 ^{ns}
Resíduo	20	4,0484
CV %	3,442	

Quadro 1.3 - Análise de variância das características químicas em função de uso, área e repetição na profundidade de 0 - 10 cm do capítulo I.

Fonte de Avaliação		GL	Quadrado Médio
pH			
Uso		2	3,0178***
Área		2	0,1344 ^{ns}
Rep		2	0,0311 ^{ns}
Resíduo		20	0,1010
CV %	6,286		
Alumínio			
Uso		2	2,9658***
Área		2	0,2053*
Rep		2	0,0036 ^{ns}
Resíduo		20	0,0470
CV %	44,867		
Hidrogênio + Alumínio (acidez potencial)			
Uso		2	83,6483***
Área		2	0,2490 ^{ns}
Repetição		2	0,9569 ^{ns}
Resíduo		20	1,8447
CV %	12,476		
Capacidade de troca de cátions			
Uso		2	43,7852***
Área		2	6,6781 ⁰
Rep		2	0,8867 ^{ns}
Resíduo		20	2,3335
CV %	10,346		
Porcentagem de saturação por alumínio			
Uso		2	3158,403***
Área		2	291,6877*
Rep		2	27,2453 ^{ns}
Resíduo		20	51,5943
CV %	49,717		

Continuação ...

Porcentagem de saturação por base		
Uso	2	1239,782***
Área	2	87,5523 ^{ns}
Repetição	2	72,4194 ^{ns}
Resíduo	20	36,6136
CV %	22,608	
Cálcio		
Uso	2	12,0738***
Área	2	1,2859 ⁰
Repetição	2	0,9944 ^{ns}
Resíduo	20	0,4819
CV %	28,966	
Magnésio		
Uso	2	1,6125*
Área	2	1,7099*
Rep	2	0,0944 ^{ns}
Resíduo	20	0,3296
CV %	44,639	
Sódio		
Uso	2	0,0003 ^{ns}
Área	2	0,0005 ⁰
Rep	2	0,00001 ^{ns}
Resíduo	20	0,0001
CV %	26,964	
Potássio		
Uso	2	0,0219***
Área	2	0,0001 ^{ns}
Repetição	2	0,0037 ⁰
Resíduo	20	0,0012
CV %	23,569	

Continuação ...

Carbono orgânico Total		
Uso	2	3,2919 ^{ns}
Área	2	16,3879 ^{ns}
Rep	2	11,7736 ^{ns}
Resíduo	20	13,2429
CV %	13,862	

Fósforo		
Uso	2	0,3619 ^{**}
Área	2	0,2737 [*]
Rep	2	0,0289 ^{ns}
Resíduo	20	0,0485
CV %	60,234	

Nitrogênio total		
Uso	2	0,1449 ^{ns}
Área	2	0,0339 ^{ns}
Rep	2	0,0700 ^{ns}
Resíduo	20	0,1664
CV %	17,967	

Quadro 1.4 - Análise de variância das características químicas em função de uso, área e repetição na profundidade de 10 - 20 cm do capítulo I.

Fonte de Avaliação		GL	Quadrado Médio
pH			
Uso		2	1,9451***
Área		2	0,0973 ^{ns}
Repetição		2	0,1223 ^{ns}
Resíduo		20	0,0664
CV %	5.300		
Alumínio			
Uso		2	2,6321***
Área		2	0,2406*
Repetição		2	0,0403 ^{ns}
Resíduo		20	0,0657
CV %	38.989		
Hidrogênio + Alumínio (acidez potencial)			
Uso		2	38,9751***
Área		2	0,1250 ^{ns}
Repetição		2	0,3277 ^{ns}
Resíduo		20	2,5139
CV %	16.930		
Capacidade de troca de cátions			
Uso		2	18,6540**
Área		2	0,4437 ^{ns}
Repetição		2	0,0448 ^{ns}
Resíduo		20	2,0089
CV %	12.371		
Porcentagem de saturação por alumínio			
Uso		2	5273,667***
Área		2	549,5740*
Repetição		2	68,8846 ^{ns}
Resíduo		20	140,4747
CV %	44.072		

Continuação ...

Porcentagem de saturação por base		
Uso	2	635,4605***
Área	2	40,7460 ^{ns}
Repetição	2	32,3391 ^{ns}
Resíduo	20	45,4660
CV %	35,487	

Cálcio		
Uso	2	2,8899**
Área	2	0,3429 ^{ns}
Repetição	2	0,1794 ^{ns}
Resíduo	20	0,3875
CV %	53.613	

Magnésio		
Uso	2	0,6926***
Área	2	0,1842**
Repetição	2	0,03895 ^{ns}
Resíduo	20	0,0307
CV %	22.077	

Sódio		
Uso	2	0,0003 ^{ns}
Área	2	0,000009 ^{ns}
Rep	2	0,00003 ^{ns}
Resíduo	20	0,00006
CV %	21.535	

Potássio		
Uso	2	0,0058**
Área	2	0,000006 ^{ns}
Repetição	2	0,000449 ^{ns}
Resíduo	20	0,0006
CV %	24.904	

Continuação ...

Carbono orgânico Total		
Uso	2	10,9680 ^{ns}
Área	2	26,4311 ^{ns}
Rep	2	16,9802 ^{ns}
Resíduo	20	12,2722
CV %	19.597	

Fósforo		
Uso	2	1,2847 ^{***}
Área	2	0,3323 ^o
Rep	2	0,0710 ^{ns}
Resíduo	20	0,0982
CV %	75.535	

Nitrogênio total		
Uso	2	0,1405 ^{ns}
Área	2	0,0811 ^{ns}
Rep	2	0,1266 ^{ns}
Resíduo	20	0,0997
CV %	19.158	

Quadro 2.3 – Análise de variância de carbono orgânico total no solo e na fração humina em função de uso, área e repetição na profundidade de 0 - 10 cm do capítulo II.

Fonte de Avaliação	GL	Quadrado Médio
Carbono orgânico total		
Uso	2	3,2919 ^{ns}
Área	2	16,3879 ^{ns}
Repetição	2	11,7736 ^{ns}
Resíduo	20	13,2429
CV %	13,862	
Humina		
Uso	2	19,1686*
Área	2	14,6040 ⁰
Repetição	2	1,9891 ^{ns}
Resíduo	20	4,7306
CV %	33,820	

Quadro 2.3 – Análise de variância da porcentagem de carbono orgânico total na fração ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, humina, carbono humificado, carbono não humificado, relação AH:AF e relação C:N em função de uso, área e repetição na profundidade de 0 - 10 cm do capítulo II.

Fonte de Avaliação	GL	Quadrado Médio
Ácidos fúlvicos		
Uso	2	286,5322 ⁰
Área	2	518,3649*
Repetição	2	12,0825 ^{ns}
Resíduo	20	88,0994
CV %	46.339	
Ácidos húmicos		
Uso	2	44,5804 ^{ns}
Área	2	16,5311 ^{ns}
Repetição	2	24,3015 ^{ns}
Resíduo	20	27,5832
CV %	71.287	
Humina		
Uso	2	426,5360*
Área	2	356,6672*
Repetição	2	5,7423 ^{ns}
Resíduo	20	426,5360
CV %	39.250	
Carbono orgânico humificado		
Uso	2	1504,574*
Área	2	1805,253*
Repetição	2	2,9609 ^{ns}
Resíduo	20	2369,6117
CV %	36,043	

Continuação ...

Carbono orgânico não humificado		
Uso	2	1504,573*
Área	2	1805,254*
Repetição	2	2,9609 ^{ns}
Resíduo	20	369,6115
CV %	41.203	

Relação AH:AF		
Uso	2	0,1999 ⁰
Área	2	0,2811*
Repetição	2	0,0966 ^{ns}
Resíduo	20	0,0681
CV %	61.760	

Relação C:N		
Uso	2	1,0605 ^{ns}
Área	2	3,7810 ^{ns}
Repetição	2	0,2415 ^{ns}
Resíduo	20	2,6703
CV %	13.946	

Quadro 2.4 – Análise de variância de carbono orgânico total no solo e na fração humina em função de uso, área e repetição na profundidade de 10 - 20 cm do capítulo II.

Fonte de Avaliação	GL	Quadrado Médio
Carbono orgânico total		
Uso	2	10,9680 ^{ns}
Área	2	26,4311 ^{ns}
Repetição	2	16,9802 ^{ns}
Resíduo	20	12,2722
CV %	19,527	
Humina		
Uso	2	5,4320 ⁰
Área	2	0,2851 ^{ns}
Repetição	2	1,6933 ^{ns}
Resíduo	20	1,8195
CV %	33,263	

Quadro 2.5 – Análise de variância da porcentagem de carbono orgânico total na fração ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, humina, carbono humificado, carbono não humificado, relação AH:AF e relação C:N em função de uso, área e repetição na profundidade de 10 - 20 cm do capítulo II.

Fonte de Avaliação	GL	Quadrado Médio
Ácidos fúlvicos		
Uso	2	286,6737 ^{ns}
Área	2	1066,946*
Repetição	2	178,5564 ^{ns}
Resíduo	20	232,7744
CV %	50.094	
Ácidos húmicos		
Uso	2	0,9555 ^{ns}
Área	2	18,0876 ^{ns}
Repetição	2	4,5153 ^{ns}
Resíduo	20	13,1397
CV %	71.476	
Humina		
Uso	2	124,6422 ^{ns}
Área	2	152,6711 ^{ns}
Repetição	2	12,4706 ^{ns}
Resíduo	20	116,0062
CV %	44.991	
Carbono orgânico humificado		
Uso	2	725,7167 ^{ns}
Área	2	2398,130*
Repetição	2	227,8342 ^{ns}
Resíduo	20	595,4765
CV %	41.035	

Continuação ...

Carbono orgânico não humificado			
Uso		2	680,0178 ^{ns}
Área		2	2367,688*
Repetição		2	202,6047 ^{ns}
Resíduo		20	586,2010
CV %	41.035		

Relação AH:AF			
Uso		2	0,0254 ^{ns}
Área		2	0,0429 ^{ns}
Repetição		2	0,0118 ^{ns}
Resíduo		20	0,0305
CV %	77.486		

Relação C:N			
Uso		2	15,5949*
Área		2	2,1553 ^{ns}
Rep		2	0,7325 ^{ns}
Resíduo		20	2,7331
CV %	15.058		

Figura 2.1 – Análise de variância do peso da fração leve (g) e do carbono orgânico total da fração leve (mg g^{-1}) em função de uso, área e repetição na profundidade de 0 - 10 cm do capítulo II.

Fonte de Avaliação	GL	Quadrado Médio
Peso da fração leve		
Uso	2	0,0008 ^{ns}
Área	2	0,0008 ^{ns}
Repetição	2	0,0008 ^{ns}
Resíduo	20	0,0014
CV %	56,340	
Carbono orgânico total		
Uso	2	8027,591 ^{ns}
Área	2	18394,00 ⁰
Repetição	2	938,6501 ^{ns}
Resíduo	20	6224,397
CV %	49,758	

Figura 2 2 – Análise de variância do peso da fração leve (g) e do carbono orgânico total da fração leve (mg g^{-1}) em função de uso, área e repetição na profundidade de 10 - 20 cm do capítulo II.

Fonte de Avaliação	GL	Quadrado Médio
Peso da fração leve		
Uso	2	0,0031*
Área	2	0,0007 ^{ns}
Repetição	2	0,0011 ^{ns}
Resíduo	20	0,0007
CV %	59,640	
Carbono orgânico total		
Uso	2	133443,8*
Área	2	75754,63 ⁰
Repetição	2	4460,779 ^{ns}
Resíduo	20	25059,91
CV %	72,177	