



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PAULO HENRIQUE RIBEIRO

**MATÉRIA ORGÂNICA E ATRIBUTOS QUÍMICOS EM SOLO DE
TABULEIROS COSTEIROS SOB DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS**

JERÔNIMO MONTEIRO-ES
DEZEMBRO - 2011

PAULO HENRIQUE RIBEIRO

**MATÉRIA ORGÂNICA E ATRIBUTOS QUÍMICOS EM SOLO DE
TABULEIROS COSTEIROS SOB DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos
Coorientador: Prof. Dr. Felipe Vaz Andrade
Coorientador: Prof. Dr. Hugo Alberto Ruiz

JERÔNIMO MONTEIRO-ES

DEZEMBRO – 2011

Dissertação 0042

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

R484m Ribeiro, Paulo Henrique, 1986-
Matéria orgânica e atributos químicos em solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais / Paulo Henrique Ribeiro. – 2011.
41 f. : il.

Orientador: Renato Ribeiro Passos.
Coorientadores: Felipe Vaz Andrade, Hugo Alberto Ruiz.
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Matéria orgânica. 2. Solos – Fertilidade. 3. Sistemas silviculturais. 4. Café conilon. I. Passos, Renato Ribeiro. II. Andrade, Felipe Vaz. III. Ruiz, Hugo Alberto. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 630

Aos meus pais, João e Cacilda
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por todos os dons e graças.

A toda a minha família: pais, irmãos, tios, tias, cunhados, cunhadas, primos, primas e sobrinhos pelas orações e pela paz transmitida.

Ao professor Renato Ribeiro Passos pela orientação, pela atenção em todos os momentos e transmissão de profissionalismo.

Ao professor Felipe Vaz Andrade pela co-orientação e dicas valiosas.

Ao professor Hugo Alberto Ruiz pela decisiva ajuda nas análises estatísticas.

Ao Incaper, em especial ao pesquisador Alex Fabian Rabelo Teixeira pelo apoio logístico.

Aos técnicos Marcelo, Soninha e Maraboti pelo auxílio nas análises laboratoriais.

Aos amigos, João Paulo, Filipe, Victor, Elias, Walas, Paulo Roberto, Namara, Amílton, Stefani, Toni, Acácio, Fagner (Pará), Danilo (Lampião), Nauan, Onair, Natiélia, Ramires, Luiz Felipe, pelo apoio, alegrias e frustrações compartilhadas.

Ao Centro de Ciências Agrárias da UFES (CCA-UFES) pela oportunidade de estudo.

Ao agricultor Wanderley Morgan pela disponibilização da área de estudo.

À Fibria pela concessão da bolsa de estudos.

Ao SAF/MDA, SECIS/MCT, por intermédio do CNPq pelo apoio financeiro.

BIOGRAFIA

PAULO HENRIQUE RIBEIRO, filho de João Manoel Ribeiro e Cacilda Bermond Ribeiro, nasceu em Vila Velha, ES, em 30 de agosto de 1986.

Em agosto de 2009, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES.

Em agosto de 2009, ingressou no Programa de Mestrado em Ciências Florestais na Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro-ES, concentrando seus estudos na linha de pesquisa Silvicultura e Solos Florestais, submetendo-se à defesa de dissertação em dezembro de 2011.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1. SISTEMAS DE USO E MANEJO E A QUALIDADE DO SOLO.....	2
2.2. MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO.....	4
2.2.1. Estoque de carbono orgânico total e nitrogênio total do solo.....	5
2.2.2. Carbono solúvel em água	7
2.2.3. Matéria orgânica leve.....	8
2.2.4. Serapilheira.....	10
2.3. FERTILIDADE DOS SOLOS DE TABULEIROS COSTEIROS.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1. LOCALIZAÇÃO, COBERTURAS VEGETAIS E AMOSTRAGEM DO SOLO.....	12
3.2. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS DE SOLO.....	14
3.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS AMOSTRAS DE SOLO.....	15
3.4. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS DE SERAPILHEIRA.....	16
3.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
5. CONCLUSÕES.....	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
7. APÊNDICE.....	40

RESUMO

RIBEIRO, Paulo Henrique. **Matéria orgânica e atributos químicos em solo de Tabuleiros sob diferentes coberturas vegetais**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Orientador: Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos. Coorientador: Prof. Dr. Felipe Vaz Andrade. Coorientador: Prof. Dr. Hugo Alberto Ruiz.

A substituição da vegetação nativa por cultivos agrícolas e florestais resulta em modificações nos atributos do solo. Neste trabalho objetivou-se avaliar a dinâmica dos atributos de um Latossolo Amarelo em diferentes coberturas vegetais nos Tabuleiros Costeiros. As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm em junho de 2011, em Sooretama, ES, considerando quatro coberturas vegetais: mata nativa, café conilon em monocultivo, café conilon em consórcio com cedro e cacau em consórcio com cedro. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em parcelas subdivididas com três repetições. Foram avaliados os seguintes atributos do solo: pH em água; fósforo disponível; potássio, cálcio e magnésio trocáveis; alumínio trocável; acidez potencial; soma de bases; capacidade de troca de cátions efetiva e potencial; saturação por bases e por alumínio; carbono orgânico total (COT); nitrogênio total (NT); carbono orgânico solúvel em água (CSA); relações COT/NT e COT/CSA; matéria orgânica leve; e estoques de COT e NT. Avaliou-se também a serapilheira, e com base na produção de matéria seca e nos teores de nutrientes da mesma, calcularam-se os acúmulos de cada nutriente. Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância e os contrastes comparadas pelo teste F a 1, 5 e a 20 % de probabilidade. Os resultados experimentais mostraram que os sistemas de uso e manejo comportaram-se de forma diferenciada para determinados atributos do solo. A mata foi a cobertura que mais favoreceu o estoque de carbono e nitrogênio no sistema, demonstrado pelos maiores teores de COT e NT, carbono solúvel em água, matéria orgânica leve e acúmulo de serapilheira. Os cultivos agrícolas demonstraram potencial de estocar carbono e nitrogênio no solo. As condições químicas do solo mais adequadas para o desenvolvimento de plantas foram encontradas no solo sob cafeeiro em monocultivo. A elevada acidez, altos níveis de alumínio e baixa disponibilidade de nutrientes no solo sob mata refletiram sua condição natural. Os consórcios agroflorestais apresentaram condição similar para a fertilidade do solo. No entanto, diferenciaram quanto ao acúmulo de serapilheira e nutrientes na serapilheira.

Palavras-chave: estoque de carbono, fertilidade do solo, café conilon, consórcio agroflorestal

ABSTRACT

RIBEIRO, Paulo Henrique. **Organic matter and chemical attributes of an Coastal Tableland soil under different vegetation covers.** 2011. Dissertation (Master's degree on Forest Science) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Adviser: Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos. Co-adviser: Prof. Dr. Felipe Vaz Andrade. Co-adviser: Prof. Dr. Hugo Alberto Ruiz.

The conversion of native vegetation in agricultural and forest crops results in changes in soil properties. The aimed was to assess the dynamic attributes of a Yellow Oxisol under different vegetation covers in the Coastal Tableland. Soil samples were collected at depths of 0-10, 10-20 and 20-40 cm in June 2011 in Sooretama, ES, considering four soil vegetation covers: native forest, coffee monoculture, coffee-cedar intercropping, cocoa-cedar intercropping. The experimental design was completely randomized with three replications in split-plot. The following soil attributes were evaluated: water pH; available phosphorus; exchangeable potassium, calcium and magnesium; aluminum; potential acidity; bases content; effective and potential cation exchange capacity; base and aluminum saturation; total organic carbon (TOC); total nitrogen (TN); water-soluble carbon (WSC); C/N and TOC/WSC ratio; light organic matter; TOC and TN stocks. The litter pool was also measured, and based on dry matter yield and nutrient content the same, was calculated the accumulation of each nutrient. The results were submitted to analysis of variance and differences between medium contrasts compared by F-test, verifying a statistical significance (1 and 5%) and trend (20%). The experimental results showed that vegetation covers behaved differently to certain soil attributes. The forest was the cover that most favored the carbon and nitrogen stocks in the soil, demonstrated by higher total organic carbon and total nitrogen, litter pool, water-soluble carbon and light organic matter. Crops demonstrated the potential for carbon and nitrogen stocks in soil. Soil chemical conditions of coffee monoculture were the best for the plant development. The high acidity, high levels of aluminum and low availability of nutrients in the soil under forest reflected its natural condition. The agroforestry consortia had similar condition to soil fertility. However, differed as to litter pool and nutrients in litter.

Keywords: carbon stock, soil fertility, conilon coffee, agroforestry consortia.

1. INTRODUÇÃO

O solo é um dos principais fatores de produção agropecuária e florestal, propicia condições indispensáveis para o suporte e desenvolvimento das plantas, como fornecimento de água e nutrientes, além da infiltração de água e imobilização e transformação de substâncias orgânicas. Entretanto, o homem adotou algumas práticas de manejo para o aumento da produção que levaram o solo ao esgotamento de muitas de suas funções.

A substituição da vegetação nativa por povoamentos puros de espécies de interesse agrícola e florestal pode resultar em modificações nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, dentre os quais se encontram os componentes da matéria orgânica do solo (MOS), a capacidade de retenção de água, a disponibilidade de nutrientes, a densidade do solo e a porosidade. A magnitude desse impacto varia de acordo com as condições edafoclimáticas e sistema de uso e manejo do solo na área.

A microrregião Pólo Linhares no Espírito Santo, onde se encontra o município de Sooretama, possui grande parte das áreas ocupadas por lavouras de café conilon. Os fragmentos de vegetação nativa da região são típicos da unidade geoambiental denominada Tabuleiros Costeiros e concorrem com as lavouras.

Os processos de degradação do solo acarretam na emissão de gases de efeito estufa, pelo desprendimento de carbono e nitrogênio (principais representantes da MOS), e prejuízo ao desenvolvimento vegetal. Portanto, as práticas a serem adotadas no manejo do solo devem ter impacto negativo mínimo em sua estrutura. Uma das alternativas consiste no consórcio de espécies agrícolas com espécies florestais; estas cobrem o solo proporcionando microclima favorável ao desenvolvimento dos organismos que por sua vez desempenham importante papel na estruturação do solo.

Transformações na estrutura do solo nem sempre são facilmente perceptíveis, ocorrendo de forma discreta, constante e até mesmo irreversíveis. Deste modo, torna-se relevante o estudo dos atributos do solo influenciados pelas diferentes espécies vegetais, a fim de prever fenômenos de degradação ou melhoria da qualidade do solo.

Nos estudos de degradação e qualidade do solo, muitos trabalhos na literatura contemplam atributos químicos, físicos e biológicos do solo. A MOS é considerada um dos principais indicadores de qualidade do solo nas condições tropicais, pois atua como fonte primária e reserva de nutrientes para as plantas, controle térmico, melhoria na estrutura, aeração e retenção de umidade do solo. Isso justifica a investigação da quantidade e qualidade da MOS nos ecossistemas e sua relação com os demais atributos do solo.

Os atributos de fertilidade influenciados pela matéria orgânica em culturas perenes consorciadas ou em monocultivo e a ciclagem de nutrientes nesses sistemas precisam ser mais bem elucidados. Este fato se torna ainda mais relevante em áreas representativas ocupadas por cultivos agrícolas como é o caso dos Argissolos e Latossolos dos Tabuleiros Costeiros. Tais informações são necessárias para delinear sistemas de produção com mínima perda de nutrientes e máximo aproveitamento daqueles mais disponíveis às espécies cultivadas.

Neste contexto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os componentes da matéria orgânica e atributos químicos de um solo de Tabuleiros Costeiros influenciado por diferentes coberturas vegetais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. SISTEMAS DE USO E MANEJO E A QUALIDADE DO SOLO

Os indicadores de qualidade do solo formam um conjunto de dados mínimos que são utilizados para avaliar o comportamento das principais funções do solo (KARLEN et al. 2003). A análise de agroecossistemas específicos gera informações que podem levar a um equilíbrio sustentável entre ambiente e ação antrópica. Porém, o grande desafio é com relação ao desenvolvimento de métodos para avaliação da qualidade do solo e do ambiente sob a interferência do homem (MELLONI et al., 2008). Deste modo, a quantificação e a posterior compreensão do impacto dos sistemas de uso e manejo nas condições físicas, químicas e biológicas do solo são fundamentais para o desenvolvimento de arranjos produtivos agrícolas mais sustentáveis.

Para avaliar a influência de sistemas de uso e manejo na qualidade do solo, solos sob vegetação nativa são utilizados como referência para fins de comparação, por se tratarem de sistemas em equilíbrio e, geralmente, sem histórico de atividade antrópica (MIGUEL et al., 2007). As perdas de nutrientes nesse ecossistema são menores em relação àqueles sob campo, em consequência da maior diversidade florística, da melhor cobertura do solo durante o ano e da maior imobilização no solo (CARVALHO, 2005). Quanto maior a biodiversidade dos sistemas, maior a conservação das estruturas de inter-relações entre os organismos no solo e, por conseguinte, a ciclagem de nutrientes (FERREIRA, 2005).

Sistemas agroflorestais (SAF's) são alternativas sustentáveis como sistemas de produção agrícola, proporcionando benefícios ambientais, como conservação da biodiversidade e sequestro de carbono (NAIR, 2008). Possuem bastante proximidade em estrutura e diversidade aos ecossistemas naturais (SILVA, et al., 2011). O manejo agroflorestal produz um impacto benéfico sobre diversos indicadores de qualidade do solo evidenciado pelos altos teores de nutrientes e de carbono encontrados no solo (ALFARO-VILLATORO, 2004).

Os SAF's mais utilizados consorciavam espécies agrícolas perenes com as espécies arbóreas. O cacau é uma cultura de sub-bosque e constitui um agroecossistema adequado para estudos de ciclagem de nutrientes (GAMA-RODRIGUES, 2004). A combinação do cacau com espécies anuais, semi-perenes e perenes (mandioca, banana, eritrina, gliricídia, etc.) é um bom exemplo da compatibilidade e complementaridade de diferentes espécies e ao mesmo tempo de sustentabilidade de sistemas de produção multiestratificados (MULLER; GAMA-RODRIGUES, 2007).

Para o sistema de produção de café, o manejo orgânico e a arborização têm sido abordados como alternativas para a sustentabilidade de cultivo, principalmente para os pequenos produtores (MARTINS NETO; MATSUMOTO, 2010). A utilização de espécies arbóreas consorciadas ao café pode diminuir a dependência de insumos externos devido à maior ciclagem de nutrientes decorrente da queda de folhas e galhos, além de favorecer a conservação dos recursos naturais como o solo (COELHO et al., 2004). Árvores em consórcio geram renda sem a necessidade de aumentar a área

plantada, por meio da implantação de espécies melíferas, frutíferas, medicinais ou madeireiras.

Alguns trabalhos elucidam os benefícios da manutenção de espécies arbóreas nos consórcios. Perez et al. (2004) ao avaliarem um sistema agroflorestal com grevilea e café e o cultivo de café a pleno sol, verificaram que no consórcio da espécie agrícola com a arbórea ocorreram os maiores teores de carbono orgânico total, matéria orgânica leve-livre e substâncias húmicas, apesar de não ter influenciado os atributos de fertilidade do solo. Por sua vez, Barreto et al. (2008) verificaram que o raleamento de um fragmento de Mata Atlântica nativa para a implantação da cultura do cacau em sub-bosque num Latossolo Vermelho-Amarelo não alteraram os teores de carbono orgânico total e de suas frações na área estudada .

A presença de árvores pode aumentar a fertilidade do solo devido à reciclagem daqueles nutrientes que as raízes de outras espécies de plantas não foram capazes de captar. Esses nutrientes retornam à superfície do solo por meio da decomposição da serapilheira depositada e resíduos de poda (MENDONÇA; STOTT, 2003). A cobertura permanente solo e o sistema radicular perene das árvores asseguram uma proteção contínua (SCHROTH, 2001), conservam a umidade, reduzem as perdas de N, aumentam a capacidade de absorção e infiltração de água, reduzem o risco de erosão e a emergência de plantas invasoras (FERNANDES, 1986) e propiciam um ambiente favorável para os processos biológicos do solo (SCHROTH, 2001; FERNANDES, 1986).

A qualidade de um solo florestal pode ser definida como sua capacidade para produção de biomassa por unidade de área e tempo (FORD, 1983 apud SCHOENHOLTZ et al., 2000). Servem para produção múltipla e exerce funções ambientais; são altamente manipulados por práticas florestais, e manter e melhorar a função do solo da floresta é um componente crucial da gestão florestal sustentável (SCHOENHOELTZ, et al., 2000).

2.2. MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

A matéria orgânica do solo (MOS) possui, aproximadamente, 58% de C, 6% de H, 33% de O e 3% de N, P e S (SILVA; MENDONÇA, 2007). O C é o

principal componente da MOS, sendo representada pelos teores de COT. A partir do teor de COT é possível estimar o estoque de carbono orgânico do solo, este que é o principal reservatório terrestre de C. No entanto, é essencial a descrição da qualidade da MOS a fim de estudar e manejar áreas de exploração agropecuária e florestal.

Silva e Mendonça (2007) propõem considerar para o manejo da fertilidade do solo, a MOS das frações orgânicas representadas pela matéria macrororgânica (matéria orgânica leve) e húmus. O húmus consiste das substâncias húmicas (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas) e substâncias não-húmicas (carboidratos, lignina, lipídios, ácidos orgânicos, polifenóis, ácidos nucleicos, pigmentos e proteínas).

O COT pode ser dividido ainda em C lábil e C recalcitrante. A primeira forma corresponde ao componente biologicamente ativo da matéria orgânica do solo, é constituinte de compostos orgânicos mais rapidamente mineralizados (carbono orgânico dissolvido, matéria orgânica leve e carbono da biomassa microbiana) em reações catalisadas por enzimas do solo, de origem microbiana e, portanto, diretamente associado à liberação de CO₂ para atmosfera (TEIXEIRA et al., 2008). O C recalcitrante é um material de difícil decomposição como celulose, gorduras, tanino e lignina (WIEDER; LANG, 1982).

2.2.1. Estoque de carbono orgânico total e nitrogênio total do solo

A atmosfera terrestre contém cerca de 78% de N₂ e 0,03% de CO₂ (SOUZA et al., 2007). O C atmosférico é fixado por intermédio da fotossíntese dos organismos autotróficos, o N, por sua vez, é fixado biologicamente pelas bactérias diazotróficas. As perdas gasosas de C do solo ocorrem na forma de gás carbônico (CO₂) e metano (CH₄) provenientes das reações de oxidação dos microorganismos, e as principais formas de N desprendidas do solo são: óxido nitroso (N₂O) e N₂. O N₂O, CO₂ e CH₄ são gases de efeito estufa (GEE).

O estoque de C resulta do balanço entre as entradas, como o aporte de resíduos vegetais e adubação orgânica, e saídas, por meio da decomposição da MOS (LEITE et al., 2003). Esse estoque é representado por todas as formas de C orgânico no solo. Nos ecossistemas naturais a fonte de carbono orgânico

do solo tem uma única origem, ou seja, os resíduos vegetais da vegetação nativa, enquanto nos agrossistemas, o carbono do solo apresenta como fontes: o material remanescente da vegetação nativa e o produzido pela decomposição dos resíduos vegetais de uma ou mais culturas introduzidas (BERNOUX et al., 1999) e a adubação orgânica.

A ciclagem do carbono é influenciada pelo clima, textura do solo, tipo de vegetação, fertilidade natural e uso do solo (FERNANDES, 2008). O acúmulo de C e N ocorre devido ao alto aporte de matéria orgânica, quando há restrições para a sua decomposição, como a falta de água, baixas temperaturas, deficiência de oxigênio, carência de nutrientes e associação entre compostos orgânicos e a argila (FERREIRA, 2005).

A mitigação do efeito estufa causado pelas formas gasosas de carbono e nitrogênio desprendido para a atmosfera depende de práticas que sequestram esses gases da atmosfera. O sequestro de C em regiões tropicais pode ser possível pelo cultivo de florestas em razão da acumulação deste na madeira e aumento do estoque no solo (PULROLNIK, et al., 2009). Em áreas agrícolas como aquelas cultivadas com o cafeeiro, é bem provável que haja aumento nos estoques de C e N com a diminuição do espaçamento entre linhas, pela melhor eficiência de ciclagem de C e outros nutrientes, menor decomposição da MOS e maior produtividade de resíduos culturais (RANGEL et al., 2007).

A MOS não somente serve de estoque de C, mas representa um importante reservatório de formas de N para os vegetais (D'ANDRÉA et al., 2004). A distribuição dos teores de C e N segue o mesmo padrão nas diferentes profundidades do solo e os maiores valores são encontrados na camada superficial (RANGEL et al., 2008). A diferença entre os estoques de C e N diminuem quando é aportado no solo resíduos de leguminosas fixadoras de N atmosférico (CONCEIÇÃO et al., 2005).

O emprego da avaliação do COT pode ser um bom indicador de impacto nos sistemas de manejo quando avaliado na camada superficial, onde há maior acúmulo de matéria orgânica, mostrando-se eficiente em discriminar a interferência dos sistemas de manejo sobre a qualidade do solo (CONCEIÇÃO et al., 2005).

2.2.2. Carbono solúvel em água

O carbono solúvel em água (CSA), em geral, é definido operacionalmente como moléculas orgânicas de diferentes tamanhos e estruturas que passam em membrana de filtragem de 0,45 µm (KALBITZ et al., 2000). Essas substâncias englobam ácidos fúlvicos, polissacarídeos, ácidos gordurosos, ésteres, ácidos orgânicos e aminoácidos (STEVENSON, 1994). O CSA pode ser ainda de origem microbiana e exsudatos radiculares (LU et al., 2003; SOUZA; MELO, 2003).

O desprendimento de CSA ocorre no estágio inicial de degradação dos resíduos orgânicos depositados no solo, em que materiais insolúveis sofrem hidrólise, dando origem a intermediários solúveis em água, como aminoácidos, mono e dissacarídeos, ácidos fúlvicos, dentre muitos outros. Portanto, baixos teores de CSA podem significar dificuldade no ataque inicial das enzimas de degradação ou que o estágio de síntese das enzimas já se encontra mais avançado (SOUZA; MELO, 2003).

Durante a decomposição, parte da serapilheira de um ecossistema é lixiviada e percolada como CSA no solo (QUALLS; HAINES, 1991; KALBITZ et al., 2000). Qualls et al. (1991) relataram que, dentro de um ecossistema de floresta estacional decidual, o maior aumento líquido dos fluxos de CSA ocorreu na parte superior do solo da floresta (região de acúmulo de serapilheira).

A disponibilidade de CSA no solo depende de fatores ambientais externos como temperatura e precipitação e as características físico-químicas do solo. Dessa forma, a concentração na solução do solo pode aumentar devido à lixiviação de CSA da serapilheira ou dessorção da fase sólida do solo, ou diminuir com a adsorção e decomposição (KALBITZ et al., 2000).

Funcionalmente, o CSA se caracteriza como um fator de formação do solo (DAWSON et al., 1978), por atuar sobre a intemperização dos minerais (RAULUND-RASMUSSEN et al., 1998), sendo ainda fonte de nutrientes e regulador do transporte de poluentes e nutrientes, podendo ainda atuar como complexante de metais, amenizando potenciais efeitos tóxicos às plantas (STEVENSON, 1994; OLIVEIRA JÚNIOR, 2008).

Em sistema de manejo onde não há revolvimento do solo, a correção da acidez pela calagem torna-se limitada às camadas superiores do solo devido à aplicação superficial do calcário. Porém, em sistemas com aporte constante de resíduos vegetais (plantio direto, sistemas de cultivo perene), o CSA liberado desses resíduos forma complexos solúveis de carga neutra com cátions metálicos, facilmente deslocáveis no perfil do solo. Com isso, Ca e Mg podem ser translocados para camadas mais profundas do solo e a toxidez por Al pode ser diminuída em subsuperfície (CIOTTA et al., 2004; DIEHL et al., 2008; ZAMBROSI et al., 2007). Dessa forma, a importância do gesso em controlar os efeitos fitotóxicos do Al em solução parece menor em sistemas de cultivos que favorecem o acúmulo e a manutenção de MO no solo (ZAMBROSI et al., 2007).

ZAMBROSI et al. (2008), ao fazerem calagem em área sob sistema plantio direto para avaliar a especiação química dos elementos na solução do solo, constataram que o CSA foi o principal ligante para o Ca, Mg e Al, sendo o principal responsável pela redução da atividade fitotóxica do Al em solução; a proporção de CSA ligado ao Al foi de 85% na camada de 0-0,02 m e os tratamentos com calagem não afetaram a complexação do Al pelo CSA.

O CSA mostra ser um importante compartimento em estudos de diferentes sistemas de uso e manejo, pois varia intensamente entre os sistemas, é uma das formas lábeis de matéria orgânica do solo mais sensíveis a mudanças de uso e manejo que o C orgânico total (PORTUGAL et al., 2008).

2.2.3. Matéria orgânica leve

A matéria orgânica leve (MOL) é uma fração ativa no solo, constituída por resíduos orgânicos em vários estádios de decomposição, com tempo de residência no solo que varia de um a cinco anos (JANZEN et al., 1992). É constituída, principalmente, por partes de plantas, além de resíduos de animais e microrganismos em diversos estádios de decomposição (PEREIRA et al., 2010).

Segundo Freixo et al. (2002a), a MOL pode estar livre ou presente no interior de agregados instáveis, denominada fração leve-livre, e dentro de agregados estáveis, denominada fração leve intra-agregado. Os mesmos

autores, ao analisarem os índices de hidrofobicidade e condensação das frações leves revelaram que a fração leve intra-agregado (FLI) apresenta-se mais humificada que a fração livre (FLL), por mostrar maior proporção de grupamentos recalcitrantes e maior condensação.

A permanência da FLL no solo está condicionada à própria recalcitrância dos compostos constituintes, por sua vez a manutenção da FLI no solo é devido à recalcitrância do material adicionado e à proteção física exercida pelos agregados (SOLLINS et al., 1996). Deste modo, a FLL é a primeira a sofrer redução nos teores em decorrência das práticas de cultivo.

O compartimento MOL pode ser considerado de dinâmica acelerada no solo (LEITE, 2002). Sua manutenção é fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, uma vez que representa, em curto e médio prazo, alto potencial para ciclagem de nutrientes (COMPTON; BOONE, 2002). É importante fonte de C, N e energia para os microrganismos do solo (SILVA; RESCK, 1997; D'ANDRÉA et al., 2002). Neste contexto, o maior aporte de resíduos orgânicos em superfície e os maiores teores de MOL em sistema silvopastoril avaliado por Maia et al. (2008) favoreceram o aumento no teor de N da biomassa microbiana, esta que atua na decomposição de MOS e reserva lábil de nutrientes no solo. Desta forma os nutrientes permanecem por mais tempo e em maior proporção na forma disponível no solo, passíveis de serem utilizados pelas culturas e com mobilidade dos nutrientes alterada no perfil do solo.

A MOL é um indicador mais sensível às mudanças nos sistemas de uso e manejo que o COT (PÉREZ et al., 2006; PEREIRA et al., 2010; FREIXO et al., 2002b). As variações da MOL são conseqüências da mudança na quantidade e qualidade dos resíduos acumulados no solo, da relação entre a entrada por superfície e subsuperfície desses resíduos e, principalmente, das diferentes formas de manejo adotadas (PINHEIRO et al. 2004).

Pereira et al. (2010) verificaram alta correlação (0,78) entre os teores de MOL e fósforo remanescente (P-rem) em sistema plantio direto (SPD) com crotalária como cultura de cobertura. Estes autores indicam que sistemas de manejo que elevem o teor de MOS na forma de MOL podem proporcionar maior valor para P-rem. Maiores teores de MOL sugerem a ocorrência de resíduos orgânicos em decomposição que liberam ácidos orgânicos de baixo

peso molecular, estes, por sua vez, bloqueiam os sítios de adsorção de fosfato (ANDRADE et al., 2003). Assim como o sistema planto direto, no consórcio de espécies agrícolas perenes com espécies florestais não há o revolvimento do solo e, por isso, acumulam-se resíduos culturais na superfície do solo.

2.2.4. Serapilheira

Entende-se por serapilheira a camada de resíduos orgânicos que é depositada e pode se acumular na superfície do solo de diferentes coberturas vegetais. As plantas absorvem os nutrientes do solo, acumulam nos tecidos e retornam parte deles através da serapilheira e morte de raízes finas.

Essa camada de fragmentos compreende folhas, caules, frutos, flores, bem como restos de animais e material fecal (SOARES et al., 2008). A proporção dos materiais formadores de serapilheira varia de acordo com as espécies e condições ambientais, mas, geralmente, as folhas predominam (TOLEDO et al., 2002; CUNHA et al., 1993; FERREIRA et al., 2007;). Estudando a deposição de serapilheira em uma área reflorestada com espécies arbóreas no município de Limoeiro, SP, Moreira e Silva (2004) observaram que a produção anual média de serapilheira foi 6.636 kg ha^{-1} , onde a fração folhas contribuiu com a maior percentagem (80%).

As árvores possuem importante papel ecológico na produção de serapilheira quando introduzidas nas lavouras (HAIRIAH et al., 2006). A manutenção desse resíduo sobre o solo tem implicações positivas pela proteção contra erosão, oscilação de temperatura do solo, reserva de nutrientes (BALIEIRO et al., 2004; MACEDO, 2007; JARAMILLO-BOTERO et al., 2008; FERREIRA et al., 2007), mas também negativas como a propensão a queimadas (BALIEIRO et al., 2004). Em áreas onde há deposição de serapilheira, o escoamento superficial é muito pequeno, devido à grande infiltração e retenção de água pelo material depositado (KONIG et al., 2002).

O tipo de vegetação e as condições ambientais são fatores determinantes da quantidade e qualidade do material que cai no solo, determinando a heterogeneidade e a taxa de decomposição do material depositado na superfície do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). O material depositado e acumulado atua como fonte de MOL para o solo.

2.3. FERTILIDADE DOS SOLOS DE TABULEIROS COSTEIROS

Nos Tabuleiros Costeiros predominam os Latossolos e Argissolos, os quais, na sua maioria são solos ácidos, de baixa fertilidade (SOBRAL et al., 2009) e com características físicas desfavoráveis à retenção de água e nutrientes na camada superficial (BARRETO; FERNANDES, 2009).

As vantagens da ocorrência de solos profundos nos Tabuleiros Costeiros deixam de existir devido à coexistência de camadas coesas e longos períodos de déficits hídricos. As zonas coesas impõem restrição ao desenvolvimento das raízes reduzindo a profundidade efetiva do solo, além da formação de zonas temporárias de encharcamento na estação chuvosa e de ressecamento na estação seca (CINTRA; LIBARDI, 1998). Sendo assim, o sistema radicular restrito tem menor capacidade de exploração do volume de solo a fim de suprimento em água e nutrientes e, possíveis deficiências de nutrientes pouco móveis no solo podem ocorrer.

Melhorias nas condições químicas dos solos de Tabuleiros Costeiros podem diminuir o efeito da restrição física do horizonte coeso ao desenvolvimento das raízes. Radcliffe et al. (1986) relataram uma diminuição no índice de cone, que foi acompanhada por um aumento da atividade da raiz devido à aplicação de gesso em um solo de Tabuleiros Costeiros. Por outro lado, Sobral et al. (2009) não observaram diminuição na densidade do solo e porosidade total com a aplicação de calcário e gesso, no entanto, houve aumento no comprimento da raiz de laranjeira no horizonte coeso.

O manejo da MOS é essencial para melhorar a fertilidade e responde pela maior parte da CTC do solo que, segundo Silva e Mendonça (2007), representa de 20 a 90% da CTC das camadas superficiais de solos minerais e, praticamente, toda a CTC de solos orgânicos. A textura média e arenosa dos solos associado à alta temperatura e umidade nos Tabuleiros Costeiros intensificam a oxidação da matéria orgânica (HAYNES, 1970).

Barreto e Fernandes (2009), ao avaliarem a adubação verde sobre atributos químicos e físicos de um Argissolo Amarelo dos Tabuleiros costeiros de Sergipe, verificaram que apesar das grandes quantidades de biomassa aportada pelo feijão-de-porco, *Crotalaria ochroleuca* e guandu comum consorciados com o milho, isto não converteu em acúmulo de MOS, o que

pode estar relacionado ao método convencional de preparo do solo. Por outro lado, Barreto e Fernandes (2001) observaram a tendência de aumento dos valores da MOS, CTC e Ca+Mg após três anos de corte e incorporação de gliricídia e dois anos de leucena. Dessa forma, o acúmulo da MOS nesses solos depende de um alto aporte de resíduos, associado ao mínimo de revolvimento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO, COBERTURAS VEGETAIS E AMOSTRAGEM DO SOLO

A área de estudo pertence à Fazenda Santa Luzia, localizada no município de Sooretama, Microrregião Pólo Linhares, ES (19°06'77"S e 40°11'32"W). De acordo com classificação de Köppen, a região possui clima do tipo Aw, caracterizado como quente e úmido, apresentando estação chuvosa no verão e seca no inverno, com precipitação média anual de 1.200 mm e temperatura média de 25°C.

As coberturas vegetais escolhidas foram: cafeeiro em monocultivo, cafeeiro consorciado com cedro australiano, cacau consorciado com cedro australiano e vegetação nativa.

A Tabela 1 mostra detalhes de manejo dos sistemas de cultivo. Já a Figura 1 ilustra os espaçamentos utilizados para o plantio do café em monocultivo, café consorciado com cedro e cacau consorciado com cedro. O controle da vegetação espontânea nos sistemas de cultivo é feito com o uso de herbicidas uma vez por ano, complementado com roçadas. Para o manejo fitossanitário, há aplicação de defensivos uma vez ao ano. Nos primeiros anos da implantação do cacau foram utilizadas bananeiras para sombreamento que, após o desenvolvimento das plantas de cedro, foram cortadas. O tráfego de veículos se restringe aos carregadores.

Tabela 1. Manejo e tratos culturais dos sistemas de cultivo em solo de Tabuleiros Costeiros

Mata nativa (MA): mata secundária com mais de 30 anos de idade.
Cafeeiro em monocultivo (CAF): Cafeeiro conilon (<i>Coffea canephora</i>), com oito anos de idade; irrigação por aspersão convencional; desbrota durante o ano; poda de limpeza e produção após a colheita; adubado com 800 g por planta de formulado 21-02-09 mais 1% de magnésio, 0,2% de zinco, 4% de cálcio, 4% de enxofre, 0,2% de manganês e 0,2% de boro parcelado em quatro vezes ao ano; calagem em área total a cada dois anos para elevar a saturação por bases a 60%.
Cafeeiro consorciado com cedro (CEC): Cedro e café com oito anos de idade; cedro com os ramos laterais podados para condução em haste única; cafeeiro segue mesma adubação e tratos culturas do cafeeiro em monocultivo; as plantas de cedro receberam 50 g de P ₂ O ₅ por cova no plantio; calagem em área total a cada dois anos para elevar a saturação por bases a 60%.
Cacaueiro consorciado com cedro (CAC): Cedro e cacau com oito anos de idade; cedro com os ramos laterais podados para condução em haste única; adubação com 2400 g por planta do formulado 10-10-10 parcelado quatro vezes ao ano; as plantas de cedro receberam 50 g de P ₂ O ₅ por cova no plantio; calagem em área total a cada dois anos para elevar a saturação por bases a 60%.

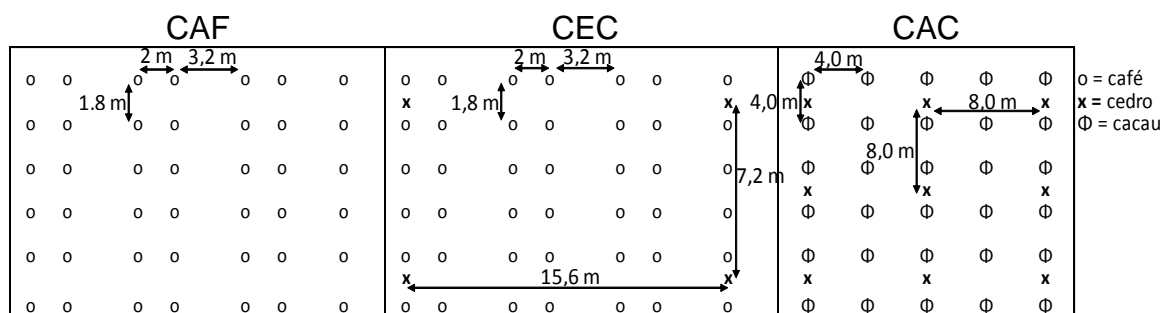


Figura 1. Espaçamentos das espécies cultivadas em solo de Tabuleiros Costeiros para os diferentes sistemas de cultivo: cafeeiro em monocultivo (CAF), cafeeiro consorciado com cedro (CEC) e cacaueiro consorciado com cedro (CAC).

Em cada cobertura vegetal, procedeu-se a amostragem do solo em três profundidades: 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm, com três repetições, totalizando 36 amostras.

A área de estudo localiza-se em relevo plano. A amostragem do solo foi realizada em junho de 2011, em trincheiras abertas nas entrelinhas das coberturas vegetais. Mediante auxílio de anéis volumétricos de 4,4 cm de diâmetro e 4,7 cm de altura, acoplados em amostrador de Uhland, foram coletadas amostras para determinação da densidade do solo.

Para a análise dos demais atributos do solo, foram coletadas amostras deformadas. As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de malha de 2 mm para posterior determinação da textura, atributos de fertilidade e matéria orgânica leve (MOL). Para determinação do carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e carbono orgânico solúvel

em água (CSA), as amostras foram secas ao ar, moídas em almofariz e passadas em peneira de malha de 0,210 mm.

A amostragem do material vegetal acumulado sobre o solo (serapilheira) foi realizada utilizando-se um gabarito de 0,25 m², com cinco repetições em cada cobertura vegetal. Foram coletadas folhas e galhos de até 2 cm de diâmetro. Esses materiais foram acondicionados em sacos de papel e transportados ao laboratório para secagem em estufa a 72 °C até massa constante para, então, se fazer a determinação da massa da serapilheira seca e posterior determinação dos teores dos nutrientes e cálculo dos acúmulos destes.

3.2. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS DE SOLO

Todas as análises foram realizadas nos Laboratórios de Física e de Química do Solo pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Alegre-ES.

As análises químicas do solo de pH em água (pH), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), e alumínio trocável (Al) foram determinadas conforme Embrapa (1997). Com base nessas determinações, foram calculados: capacidade de troca de cátions efetiva e potencial (t e T); soma de bases (SB); saturação por bases (V); saturação por alumínio (m).

O COT foi determinado por oxidação da matéria orgânica via úmida utilizando-se solução de K₂Cr₂O₇ em meio ácido (YEOMANS; BREMNER, 1988) O NT foi determinado utilizando o método Kjeldahl, modificado por Tedesco et al. (1985).

A MOL foi separada do solo por flotação em água, conforme adaptado de Anderson e Ingram (1989). O CSA foi determinado pela perda de cor de um complexo de pirofosfato-Mn (III) pela redução a Mn (II) provocada pelo C orgânico (BARTLETT; ROSS (1988).

Os valores da relação entre carbono e nitrogênio (COT/NT) foram obtidos pelo quociente dos teores de COT e de NT do solo. Calcularam-se também os valores das relações entre o COT e o CSA (COT/CSA) do solo, visando obter informações sobre a mineralização dos componentes mais lábeis

da matéria orgânica, preferencialmente utilizados pelos microrganismos no início do processo de decomposição da matéria orgânica.

Para o cálculo do estoque de COT e NT (Mg ha^{-1}) na profundidade de 0-40 cm, somaram-se os estoques das profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, utilizando-se a seguinte expressão: teor de COT ou NT (dag kg^{-1}) x Ds x e; onde Ds = densidade do solo (kg dm^{-3}); e = espessura da camada de solo (cm).

3.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS AMOSTRAS DE SOLO

Foi utilizado o método do anel volumétrico para determinação da densidade do solo. A dispersão mecânica para análise granulométrica (textura) foi por um período de 12 horas em agitador orbital a 175 rpm e determinação das frações areia grossa (AG) e areia fina (AF) após peneiramento, na suspensão restante coletou-se a suspensão silte + argila e argila e estimou-se a fração silte por diferença, sendo o tempo de sedimentação destas partículas calculado em função da lei de Stokes.

O solo da área classificado como Latossolo Amarelo coeso (Embrapa, 1999), apresentou textura média na profundidade de 0-20 cm e argilosa de 20-40 cm (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios de areia grossa (AG), areia fina (AF), silte (S), argila (A) e densidade (Ds) de um solo de Tabuleiros Costeiros considerando-se diferentes coberturas vegetais e profundidades de amostragem

Cobertura	AG	AF	S	A	Ds
	-----g kg ⁻¹ -----				kg dm ⁻³
	Profundidade 0-10 cm				
Mata (MA)	568	153	17	262	1,16
Café (CAF)	630	96	25	249	1,38
Café+Cedro (CEC)	566	150	55	229	1,44
Cacau+Cedro (CAC)	620	137	83	159	1,38
	Profundidade 10-20 cm				
Mata (MA)	478	203	15	304	1,30
Café (CAF)	584	114	16	286	1,47
Café+Cedro (CEC)	537	122	48	293	1,51
Cacau+Cedro (CAC)	595	138	24	243	1,52
	Profundidade 20-40 cm				
Mata (MA)	434	190	21	355	1,38
Café (CAF)	444	123	20	414	1,49
Café+Cedro (CEC)	412	139	22	428	1,46
Cacau+Cedro (CAC)	531	142	47	280	1,54

3.4. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS DE SERAPILHEIRA

As amostras de matéria seca da serapilheira foram trituradas em moinho tipo Wiley e submetidas à digestão nítrico-perclórica para a determinação dos teores de K (fotometria de chama), de P (colorimetria), Ca, Mg (espectroscopia de absorção atômica conforme Malavolta et al., 1997), COT (YEOMANS; BREMNER, 1988) e N pelo método Kjeldahl (Tedesco et al., 1985).

Com base na produção de matéria seca da serapilheira e nos teores de nutrientes minerais (N, P, K, Ca e Mg) e C, foram calculados os acúmulos de cada nutriente mineral (kg ha^{-1}) e de C na serapilheira (Mg ha^{-1}).

3.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados foram submetidos à análise da variância e os contrastes comparados pelo teste F a 1, 5 e a 20 % de probabilidade medindo-se assim a significância (1 e 5%) e a tendência (20%) dos resultados obtidos. O delineamento foi o inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, onde as coberturas vegetais constituíram as parcelas e a profundidade de amostragem, as subparcelas. Nas análises estatísticas utilizou-se o Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG) da Universidade Federal de Viçosa. Foram testados onze contrastes (Tabela 2).

Tabela 3. Contrastes usados na avaliação dos componentes da matéria orgânica e dos atributos químicos de um solo de Tabuleiros Costeiros considerando-se diferentes coberturas vegetais e profundidades de amostragem

Cobertura Vegetal	Contrastes avaliados										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
Profundidade 0-10 cm											
Mata (MA)	3	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
Café (CAF)	-1	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0
Café+cedro (CEC)	-1	-1	1	0	0	0	0	2	1	0	0
Cacau+cedro (CAC)	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	2	1
Profundidade 10-20 cm											
Mata (MA)	3	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
Café (CAF)	-1	2	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
Café+cedro (CEC)	-1	-1	1	0	0	0	0	-1	0	0	0
Cacau+cedro (CAC)	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	0
Profundidade 20-40 cm											
Mata (MA)	3	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0
Café (CAF)	-1	2	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0
Café+cedro (CEC)	-1	-1	1	0	0	0	0	-1	-1	0	0
Cacau+cedro (CAC)	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 4 são apresentados os atributos químicos do solo. Verifica-se que a acidez do solo foi considerada elevada em MA e os níveis de K foram baixos em todas as coberturas, conforme Prezotti et al. (2007).

O solo sob MA mostrou-se inferior ao solo de outras coberturas quanto aos valores de pH, P, Ca e Mg e não houve diferença nos teores K e Na entre as coberturas (Tabelas 4 e 5). Comportamento contrário foi observado por Jakelaitis et al. (2008) para um Argissolo Vermelho-Amarelo em Rio Casca-MG, onde os valores de Ca e Mg foram significativamente superiores em ambiente de mata e decresceram em área cultivada recentemente com culturas. A diferença no material de origem desses solos pode explicar a variação na fertilidade.

Tabela 4. Valores médios de pH em água (pH), fósforo disponível (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na) e alumínio (Al) em solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais e em cada profundidade de amostragem

Cobertura Vegetal	pH	P	Ca	Mg	K	Na	Al
		mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----				
Profundidade 0 - 10 cm							
Mata (MA)	4,52	11,71	1,832	1,275	0,140	0,052	0,333
Café (CAF)	7,07	18,96	3,885	1,867	0,127	0,033	0,000
Café+Cedro (CEC)	6,32	17,31	1,856	1,653	0,119	0,035	0,000
Cacau+Cedro (CAC)	6,12	26,46	2,766	0,879	0,096	0,039	0,000
Profundidade 10 - 20 cm							
Mata (MA)	4,14	11,17	0,899	0,625	0,118	0,035	0,900
Café (CAF)	6,98	7,31	2,671	1,316	0,083	0,033	0,000
Café+Cedro (CEC)	5,34	13,64	0,993	0,774	0,122	0,030	0,167
Cacau+Cedro (CAC)	5,26	12,96	1,009	0,298	0,087	0,039	0,233
Profundidade 20 - 40 cm							
Mata (MA)	4,10	7,69	0,459	0,443	0,061	0,004	1,133
Café (CAF)	6,82	5,47	2,170	1,209	0,054	0,030	0,000
Café+Cedro (CEC)	4,90	6,87	0,639	0,516	0,107	0,032	0,400
Cacau+Cedro (CAC)	4,82	7,44	0,656	0,123	0,057	0,035	0,500

Tabela 5. Contrastes comparando o pH em água (pH), fósforo disponível (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na) e alumínio (Al), em solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais

Contraste ^{1/}	pH	P	Ca	Mg	K	Na	Al
C1	-1,70**	-2,74**	-0,78**	-0,18#	0,01	-0,004	0,64**
C2	1,50**	-3,53**	1,59**	0,76**	-0,01	-0,003	-0,22*
C3	0,12	-3,01*	-0,31	0,55**	0,04*	-0,003#	-0,06

^{1/} C1: Mata vs [Café + (Café + Cedro) + (Cacau + Cedro)]. C2: Café vs [(Café + Cedro) + (Cacau + Cedro)]. C3: (Café + Cedro) vs (Cacau + Cedro).

** , * e #: Significativo a 1, 5 e 20%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 6. Contrastes comparando o pH em água (pH), fósforo disponível (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na) e alumínio (Al) das profundidades de amostragem de um solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais

Contraste ^{1/}	pH	P	Ca	Mg	K	Na	Al
C4	0,40 [#]	2,28 [#]	1,15 [*]	0,74 ^{**}	0,05 [*]	0,03 ^{**}	-0,69 ^{**}
C5	0,42 [#]	4,02 [#]	1,37 ^{**}	0,83 ^{**}	0,08 ^{**}	0,05 ^{**}	-0,80 ^{**}
C6	0,17	12,56 ^{**}	1,46 ^{**}	0,60 [*]	0,06 [*]	0,00	0,00
C7	0,24	13,48 ^{**}	1,71 ^{**}	0,66 [*]	0,07 [*]	0,00	0,00
C8	1,19 ^{**}	7,05 ^{**}	1,04 [*]	1,00 ^{**}	0,00	0,00	-0,28 [#]
C9	1,42 ^{**}	10,43 ^{**}	1,22 [*]	1,14 ^{**}	0,01	0,00	-0,40 [*]
C10	1,08 ^{**}	16,26 ^{**}	1,93 ^{**}	0,67 ^{**}	0,02	0,00	-0,37 [*]
C11	1,30 ^{**}	19,02 ^{**}	2,11 ^{**}	0,76 ^{**}	0,04 [#]	0,00	-0,50 ^{**}

^{1/} C4: P0-10 vs (P10-20 + P20-40) d/Mata. C5: P0-10 vs P20-40 d/Mata. C6: P0-10 vs (P10-20 + P20-40) d/Café. C7: P0-10 vs P20-40 d/Café. C8: P0-10 vs (P10-20 + P20-40) d/(Café + Cedro). C9: P0-10 vs P20-40 d/(Café +Cedro). C10: P0-10 vs (P10-20 + P20-40) d/(Cacau+ Cedro). C11: P0-10 vs P20-40 d/(Cacau +Cedro).

^{**}, ^{*} e [#]: Significativo a 1, 5 e 20%, respectivamente, pelo teste F.

Dentre os atributos químicos de fertilidade do solo (Tabela 4) da mata (MA), apenas o Al foi maior nessa cobertura em comparação com as demais. O Al, mesmo em níveis elevados no solo, não impediu o desenvolvimento da vegetação e a produção de biomassa. A exsudação de ácidos orgânicos ativados pela presença de alumínio no ápice da raiz de espécies tolerantes é o principal mecanismo de tolerância das plantas ao alumínio no solo (HARTWIG et al., 2007).

Os cultivos agrícolas proporcionaram maior nível de fertilidade ao solo e, conseqüentemente, condições químicas mais favoráveis ao crescimento de plantas. Isto é justificado pelas práticas de calagem e adubação em razão do distrofismo natural do solo em estudo. Valores baixos para pH no solo sob mata predispõem a precipitação do P com Fe e Al, principalmente, diminuindo sua disponibilidade na solução do solo.

A menor acidez do solo em CAF, CEC e CAC (Tabelas 4 e 5) deve-se à prática de calagem, que eleva os teores de Ca e Mg e neutraliza o Al tóxico. Benites et al. (2010) observaram maior fertilidade nos solos sob uso agrícola do que em área de Mata Atlântica sobre um Latossolo Vermelho-Amarelo.

O solo sob CAF apresentou maiores valores de pH, Ca e Mg em relação aos consórcios agroflorestais e, conseqüentemente, menor valor de Al trocável (Tabelas 4 e 5). A aplicação de calcário a lanço pode ter dificultado a passagem do Ca e Mg pela espessa camada de serapilheira em CEC e CAC. O P disponível foi menor em CAF. Os valores de pH, Ca e Al não diferiram

entre CEC e CAC. Por outro lado, os teores de Mg e K foram maiores em CEC e o P, menor em CEC.

Para comparar a distribuição das variáveis entre as profundidades, foram utilizados os contrastes: C4 e C5 (MA), C6 e C7 (CAF), C8 e C9 (CEC), C10 e C11 (CAC). A ausência de revolvimento incrementou os teores de P, Ca e Mg na camada de 0-10 cm em todas as coberturas. O pH não diferiu entre as camadas do solo sob cafeeiro, o mesmo ocorreu com o K nos consórcios (Tabelas 6). O aumento dos valores de Al em profundidade é comum, uma vez que o pH diminui e a acidez solubiliza compostos com esse elemento. A redução dos teores de P disponível em profundidade também pode ser influenciada pela menor mobilidade relativa do P e aumento do teor de argila em profundidade (Tabela 2).

Alvarenga e Davide (1999), com base na análise de componentes principais, verificaram que as características do solo mais correlacionadas com as alterações nos ecossistemas estudados foram o K, o Mg, o Ca, o enxofre, a densidade do solo, a porosidade total e a percentagem de agregados maiores que 2 mm. Maia e Ribeiro (2004) observaram que, com o tempo de cultivo de cana-de-açúcar, há redução significativa dos valores de Ca, Mg, saturação por bases, capacidade de troca de cátions e carbono orgânico e um aumento significativo de P disponível e da saturação por Al em um Argissolo Amarelo fragipânico.

No estudo realizado por Silva et al. (2011) em diferentes sistemas agroflorestais, foram verificados maiores teores de Ca, P e K em relação ao solo sob floresta nativa, principalmente nas camadas superficiais, devido à correção do solo.

O pH inferior do solo sob MA em relação ao pH do solo sob outras coberturas vegetais (Tabelas 4 e 5) influenciou no aumento da saturação por alumínio (m), acidez potencial (H+Al) e redução dos valores para SB, t e V (Tabelas 7 e 8). Os valores elevados de H+Al no solo sob MA refletiram em maior valor de CTC potencial (T) nessa cobertura.

Tabela 7. Valores médios de acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t), capacidade de troca de cátions potencial (T), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) em solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais e em cada profundidades de amostragem

Cobertura Vegetal	H+Al	SB	t	T	V	m
	-----cmol _c dm ⁻³ -----			----%----		
Profundidade 0 - 10 cm						
Mata (MA)	6,650	3,298	3,632	9,948	31,23	13,06
Café (CAF)	1,205	5,913	5,913	7,117	83,04	0,00
Café+Cedro (CEC)	2,965	3,663	3,663	6,628	54,94	0,00
Cacau+Cedro (CAC)	2,415	3,780	3,780	6,94	61,08	0,00
Profundidade 10 - 20 cm						
Mata (MA)	6,485	1,676	2,576	8,161	20,22	36,49
Café (CAF)	1,260	4,104	4,104	5,363	76,04	0,00
Café+Cedro (CEC)	3,845	1,919	2,086	5,764	33,33	10,84
Cacau+Cedro (CAC)	3,350	1,433	1,667	4,783	30,24	17,17
Profundidade 20 - 40 cm						
Mata (MA)	6,265	0,966	2,099	7,231	12,84	55,90
Café (CAF)	1,590	3,464	3,464	5,053	68,37	0,00
Café+Cedro (CEC)	3,790	1,293	1,693	5,083	25,26	25,64
Cacau+Cedro (CAC)	3,295	0,871	1,373	4,165	20,86	37,11

Tabela 8. Contrastes comparando a acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t), capacidade de troca de cátions potencial (T), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) em solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais

Contraste ^{1/}	H+Al	SB	t	T	V	M
C1	3,83	-0,96	-0,31	2,87	-28,92	25,07
C2	-1,92	2,33	2,12	0,41	38,20	-15,12
C3	0,51 [#]	0,26	0,21	0,78	0,45	-5,93

^{1/} C1: Mata vs [Café + (Café + Cedro) + (Cacau + Cedro)]. C2: Café vs [(Café + Cedro) + (Cacau + Cedro)]. C3: (Café + Cedro) vs (Cacau + Cedro).

^{**}, ^{*} e [#]: Significativo a 1, 5 e 20%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 9. Contrastes comparando a acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t), capacidade de troca de cátions potencial (T), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) das profundidades de amostragem de um solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais

Contraste ^{1/}	H+Al	SB	T	T	V	M
C4	0,28	1,97	1,30	2,25	14,7	-33,14
C5	0,38	2,33	1,53	2,72	18,39	-42,85
C6	-0,22	2,13	2,13	1,91	10,82 [#]	0,00
C7	-0,38	2,45	2,45	2,06 [#]	14,66 [#]	0,00
C8	-0,85 [#]	2,05	1,78	1,20 [#]	25,65	-18,24 [#]
C9	-0,82	2,37	1,97	1,54 [#]	29,68	-25,64
C10	-0,90	2,63	2,26	1,72 [#]	35,53	-27,14
C11	-0,88	2,91	2,41	2,03 [#]	40,22	-37,11

^{1/} C4: P0-10 vs (P10-20 + P20-40) d/Mata. C5: P0-10 vs P20-40 d/Mata. C6: P0-10 vs (P10-20 + P20-40) d/Café. C7: P0-10 vs P20-40 d/Café. C8: P0-10 vs (P10-20 + P20-40) d/(Café + Cedro). C9: P0-10 vs P20-40 d/(Café + Cedro). C10: P0-10 vs (P10-20 + P20-40) d/(Cacau + Cedro). C11: P0-10 vs P20-40 d/(Cacau + Cedro).

^{**}, ^{*} e [#]: Significativo a 1, 5 e 20%, respectivamente, pelo teste F.

Carneiro et al.(2009) verificaram em seu estudo que o solo sob vegetação de Cerrado apresentou maiores valores de H+Al e Al e menor concentração de Ca, Mg e P em relação às áreas manejadas, o que está coerente, pois na área de cerrado não houve correção e adubação do solo e se tratam de solos originalmente distróficos.

Os valores de SB, t e V foram maiores no solo sob CAF, o qual apresentou valores inferiores de H+Al (Tabelas 7 e 8), devido aos valores de pH terem sido maiores nessa cobertura. O valor de T não diferiu entre CAF e os consórcios. Apesar do solo sob CAF apresentar menor valor de H+Al, houve uma compensação para a composição do valor de T pelo maior valor de SB encontrado nessa cobertura. Os consórcios comparados entre si não diferiram para as variáveis H+Al, SB, t, T, V e m (contraste C3 da Tabela 8).

A acidez potencial (H+Al) apresentou pouca variação entre as camadas avaliadas. Entretanto, as demais variáveis (SB, t, T, V e m) apresentaram maiores valores na camada superficial do solo (Tabela 9).

Os maiores valores de COT, NT, MOL e CSA foram encontrados no solo sob mata (Tabela 10). Ao contrastar a mata com as demais coberturas (contraste C1), verifica-se a superioridade da área de referência (Tabela 11). A depender do manejo, o cultivo do cafeeiro pode incrementar os teores de COT no solo. Oliveira et al. (2008) observaram que o cultivo de café semi-adensado (4.000 plantas/ha) em Latossolo Amarelo distrófico típico aumentou os teores de COT em relação ao solo sob Mata.

A deposição constante e diversificada de material formador de serapilheira, a capacidade de produzir biomassa sob condições adversas, juntamente com o tempo de atuação dessa cobertura no solo, condicionam a manutenção de teores de COT, NT, MOL e CSA mais elevados em MA. Além disso, a acidez elevada impede ou reduz drasticamente a atividade microbiana responsável pela decomposição da matéria orgânica (Tabela 4).

Tabela 10. Valores médios de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), carbono orgânico solúvel em água (CSA), relação carbono orgânico total/nitrogênio total (COT/NT) e relação carbono orgânico total/carbono solúvel em água (COT/CSA) em um solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais e em cada profundidade de amostragem

Cobertura Vegetal	COT	NT	MOL	CSA	COT/NT	COT/CSA
	----- g kg ⁻¹ -----			mg kg ⁻¹		
Profundidade 0 - 10 cm						
Mata (MA)	22,030	1,672	4,860	123,6	13	178
Café (CAF)	19,507	1,135	2,413	82,8	18	235
Café+Cedro (CEC)	15,385	0,978	1,553	51,2	16	301
Cacau+Cedro (CAC)	17,824	1,104	1,880	85,7	16	208
Profundidade 10 - 20 cm						
Mata (MA)	18,581	1,293	2,127	127,9	15	145
Café (CAF)	15,806	0,631	0,607	57,0	27	277
Café+Cedro (CEC)	10,254	0,694	0,367	55,6	16	184
Cacau+Cedro (CAC)	9,665	0,852	0,720	54,5	12	177
Profundidade 20 - 40 cm						
Mata (MA)	17,320	0,725	1,493	108,0	25	160
Café (CAF)	11,431	0,473	0,220	66,6	25	172
Café+Cedro (CEC)	7,478	0,568	0,407	54,1	14	138
Cacau+Cedro (CAC)	8,403	0,789	0,380	72,8	11	115

Tabela 11. Contrastes comparando o carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), matéria orgânica leve (MOL), carbono orgânico solúvel em água (CSA), relação carbono orgânico total/nitrogênio total (COT/NT) e relação carbono orgânico total/carbono solúvel em água (COT/CSA) em solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais

Contraste ^{1/}	COT	NT	MOL	CSA	C/N	COT/CSA
C1	6,45**	0,43**	16,89**	55,37**	0,68	-39,66
C2	4,08*	-0,08	1,17	38,79	8,87**	40,91
C3	-0,93	-0,17#	-0,65	-6,46#	2,27	40,86

^{1/} C1: Mata vs [Café + (Café + Cedro) + (Cacau + Cedro)]. C2: Café vs [(Café + Cedro) + (Cacau + Cedro)]. C3: (Café + Cedro) vs (Cacau + Cedro).

**, * e #: Significativo a 1, 5 e 20%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 12. Contrastes comparando o carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), matéria orgânica leve (MOL), carbono orgânico solúvel em água (CSA), relação carbono orgânico total/nitrogênio total (COT/NT) e relação carbono orgânico total/carbono solúvel em água (COT/CSA) das profundidades de amostragem em solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais

Contraste ^{1/}	COT	NT	MOL	CSA	COT/NT	COT/CSA
C4	4,08 [#]	0,66 ^{**}	6,10 ^{**}	5,69	-6,44 [#]	25,36
C5	4,71 [#]	0,95 ^{**}	3,37 ^{**}	15,61	-11,59 [*]	17,86
C6	5,89 [*]	5,08 ^{**}	4,00 ^{**}	21,07	-7,77 [#]	10,90
C7	8,07 [*]	0,66 ^{**}	2,19 ^{**}	16,28	-6,79	63,74
C8	6,70 [*]	0,34 [*]	2,33 [*]	-3,68	1,18	139,31 [#]
C9	7,91 [*]	0,41 [*]	1,15 [#]	-2,90	2,14	162,31 [#]
C10	8,79 ^{**}	0,29 [#]	2,66 [*]	22,08	5,11	66,55
C11	9,42 ^{**}	0,31 [#]	1,50 [*]	12,93	5,57	92,47

^{1/} C4: P0-10 vs (P10-20 + P20-40) d/Mata. C5: P0-10 vs P20-40 d/Mata. C6: P0-10 vs (P10-20 + P20-40) d/Café. C7: P0-10 vs P20-40 d/Café. C8: P0-10 vs (P10-20 + P20-40) d/(Café + Cedro). C9: P0-10 vs P20-40 d/(Café +Cedro). C10: P0-10 vs (P10-20 + P20-40) d/(Cacau+ Cedro). C11: P0-10 vs P20-40 d/(Cacau +Cedro).

** , * e #: Significativo a 1, 5 e 20%, respectivamente, pelo teste F.

Os sistemas Mata Atlântica, cultivo de cacau sob Mata Atlântica e pastagem, avaliados por Barreto et al. (2008) num Latossolo Vermelho-Amarelo da região sul da Bahia, não diferiram entre si quanto aos teores de COT, os quais foram superiores aos encontrados no presente trabalho.

Houve maiores valores de COT e da relação COT/NT no solo sob CAF em comparação ao solo sob CEC e CAC provocados pelo aporte de resíduos com maior teor de C em CAF. Os teores de NT, MOL e CSA não diferiram entre o solo sob CAF e o solo sob CEC e CAC (Tabelas 10 e 11).

Apesar de nos consórcios agroflorestais haver maior acúmulo de serapilheira, estes não diferiram do café em monocultivo quanto aos teores de MOL e CSA no solo, pois, neste último, há a contribuição das plantas invasoras (liberação de exsudatos radiculares) que foram roçadas nas entrelinhas, além da maior produção de resíduos de poda e desbrota dos cafeeiros adicionados nas entrelinhas.

Sistemas agroflorestais quando bem conduzidos e mais maduros podem manter níveis de MOL comparáveis ao sistema nativo. O solo sob MA apresentou teores de MOL similares a um sistema agroflorestal diversificado avaliado por Fávero et al. (2008) num Latossolo Vermelho-Amarelo no Vale do Rio Doce. Isto demonstra que a diversificação do sistema possibilita aporte

constante de serapilheira e, desta forma, fonte de matéria orgânica para o solo.

A relação COT/CSA não diferiu entre as coberturas vegetais e entre as profundidades do solo. Segundo Passos et al. (2007), a relação COT/CSA constitui medida promissora para detectar mudanças na labilidade da matéria orgânica do solo, em função do manejo. Contudo, nesse estudo não foram observadas mudanças na labilidade da matéria orgânica, com base nesta relação.

Não foi detectada diferença entre CEC e CAC (contraste C3) para os teores de COT, NT, MOL, CSA e relação COT/NT (Tabelas 10 e 11). Isto demonstra um semelhante padrão de deposição de resíduos orgânicos nessas coberturas. Esses foram sistemas que apresentaram boa cobertura do solo com manta orgânica.

Houve maiores teores de COT, NT e MOL na camada superior do solo (0-10 cm) para todas as coberturas, como era esperado, pelo maior aporte de matéria orgânica na camada mais superficial do solo. A relação C/N foi menor na camada de 0-10 cm em MA, no entanto, em nenhuma das coberturas os teores de CSA diferiram entre as profundidades (Tabela 12).

Miranda et al. (2006) verificaram que num Latossolo Vermelho-Amarelo sob influência de cafezal houve ligeira elevação dos valores de CSA em profundidade, o que indicou uma possível translocação de CSA para as camadas mais profundas.

A superioridade de CAF para COT em relação a CEC e CAC pode ser justificada pela produção de plantas invasoras, que é maior em cafeeiros a pleno sol do que quando sombreados (MORAIS et al., 2003).

Ressalta-se que, as entrelinhas dos cafeeiros a pleno sol recebem maior insolação, o que determina alta produção de biomassa de plantas espontâneas. Essas liberam exsudatos radiculares (SILVA et al., 2001), que favorece o aumento de CSA no solo, e apresentam alta taxa de renovação do sistema radicular, que contribuem para a manutenção ou aumento da MOS.

Em um trabalho realizado por Maia et al. (2004) com plantas espontâneas em áreas cultivadas com cajueiro, verificou-se que a massa seca das plantas espontâneas a pleno sol (5.503 kg ha^{-1}) foi 3,2 vezes maior que nas parcelas sombreadas (1.695 kg ha^{-1}). Coelho et al. (2004) observaram que

o consorcio do café com banana, que propiciou o menor sombreamento para o solo (5%), foi onde houve a maior produção de biomassa de plantas espontâneas em comparação com o café+banana+glicírdia e café+banana+eritrina, os quais apresentaram 86% e 40% de sombreamento, respectivamente.

A deposição superficial (serapilheira) e subsuperficial (renovação e exsudação radicular) de resíduos e o sistema radicular multiestratificado na mata promoveram maior acúmulo de matéria orgânica no perfil do solo sob essa cobertura vegetal (Tabela 13). Considerando a profundidade de 0-40 cm, houve uma redução do ESTC de aproximadamente 13,3; 39,3 e 33,1%, respectivamente, para as coberturas vegetais CAF, CEC e CAC em relação à MA. Para o ESTN, esta redução correspondeu a 30,5; 27,3 e 6,76%, respectivamente, para as coberturas vegetais CAF, CEC e CAC em relação à MA.

Tabela 13. Valores de estoque de carbono (ESTC), estoque de N (ESTN) em solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais na profundidade de 0-40 cm

Cobertura Vegetal	ESTC	ESTN
	-----Mg ha ⁻¹ -----	
Mata (MA)	97,690	5,638
Café (CAF)	84,709	3,919
Café+Cedro (CEC)	59,325	4,099
Cacau+Cedro (CAC)	65,348	5,257

Considerando o estoque de carbono no sistema (solo+biomassa da parte aérea), os consórcios têm a possibilidade de se aproximarem ou ultrapassarem o potencial de estoque encontrado no monocultivo do café. Sempre que possível, devem ser utilizadas espécies florestais em povoamentos puros ou em consórcio com espécies agrícolas, a fim de promover acréscimo no seqüestro de carbono nos ecossistemas. No bioma Mata Atlântica, as principais práticas mitigadoras das emissões de gases de efeito estufa (GEE) dizem respeito à implantação de reflorestamento, recuperação de pastagens degradadas e eliminação do fogo em cultivos de cana-de-açúcar (CARVALHO et al., 2010).

Estoques de carbono e nitrogênio são determinados pelo balanço entre adição e perda num sistema e qualidade do material adicionado, sendo que o

uso e manejo do solo são decisivos nesse processo. Quando o manejo adotado não utiliza revolvimento do solo, o carbono e nitrogênio adicionados tendem a elevar seus estoques, devido à diminuição da oxidação da matéria orgânica. Campos et al. (2011) encontraram maior estoque de carbono e nitrogênio na camada de 0-30 cm, em um Latossolo Vermelho do Sul do Brasil sem revolvimento (plantio direto), no tratamento com plantas de cobertura que apresentava a maior diversidade de espécies em rotação. Estes autores observaram, ainda, acréscimo linear dos estoques de carbono e nitrogênio ao longo dos 19 anos de condução do experimento.

Sistemas perenes de cultivo são favoráveis à elevação ou manutenção da matéria orgânica do solo, pela deposição constante de resíduos culturais e pela ausência de revolvimento do solo. Pillon et al. (2011) verificaram que o cultivo de eucalipto por 13 ou 20 anos não alterou os teores de carbono e nitrogênio de um Argissolo Vermelho na camada de 0-40 cm em relação ao campo nativo. Por outro lado, Vezzani e Mielniczuk (2011) observaram que o cultivo convencional de um Argissolo Vermelho distrófico típico da Depressão Central do Rio Grande do Sul por 15 a 17 anos promoveu o decréscimo do estoque de carbono de 20 Mg ha⁻¹ no campo nativo, para 11,8 Mg ha⁻¹.

Com relação à serapilheira, sabe-se que sua manutenção sobre o solo tem implicação na proteção contra a erosão (SCHUMACHER et al., 2004), na diminuição da oscilação da temperatura do solo (RODRIGUES et al., 2010) e na reserva de nutrientes (TOLEDO et al., 2002, BALIEIRO et al., 2004). A maior densidade de plantas e a exploração pelos sistemas radiculares das espécies em MA e o tempo de estabelecimento dessa vegetação nativa promoveram maior acúmulo de matéria seca de serapilheira e acúmulo de C e nutrientes em relação à CAF, CEC e CAC (Tabelas 14 e 15).

Tabela 14. Valores médios de produção de matéria seca (MS), teores e acúmulos de carbono (C) e nutrientes minerais (N, P, K, Ca e Mg) na serapilheira acumulada em solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais

Cobertura Vegetal	MS ^{1/}	C	N	P	K	Ca	Mg
-----Teor-----							
-----g kg ⁻¹ -----							
Mata (MAN)	-	338,55	19,44	1,138	2,288	11,53	4,667
Café (CAF)	-	339,63	15,90	1,281	0,544	12,58	3,412
Café+Cedro (CEC)	-	283,45	10,37	1,271	0,972	7,21	2,768
Cacau+Cedro (CAC)	-	347,37	9,81	1,617	4,728	18,02	4,906
-----Acúmulo-----							
---Mg ha ⁻¹ ---		-----kg ha ⁻¹ -----					
Mata (MAN)	16,856	5,699	327,82	19,19	38,67	194,66	78,88
Café (CAF)	5,248	1,776	83,53	6,73	2,84	65,97	17,96
Café+Cedro (CEC)	16,776	4,755	174,37	21,33	16,30	121,43	46,53
Cacau+Cedro (CAC)	9,68	3,352	95,52	15,60	45,61	172,85	47,22

^{1/}Massa da matéria seca de serapilheira acumulada

Tabela 15. Contrastes comparando a produção de matéria seca e acúmulos de carbono (C) e nutrientes minerais (N, P, K, Ca e Mg) na serapilheira acumulada em solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais

Contraste ^{1/}	MS ^{2/}	C	N	P	K	Ca	Mg
-----Teor-----							
C1		15,0	7,41**	-0,25**	0,21	-1,073	0,97**
C2		24,2 [#]	5,81**	-0,16**	-2,31**	-0,038	-0,43
C3		-63,9**	0,56	-0,34**	-3,75**	-10,8**	-2,13**
-----Acúmulo-----							
C1	6,29**	2,40**	210,01**	4,64**	17,09**	74,57**	41,64**
C2	-7,98**	-2,28**	-51,41**	-11,73**	-28,06**	-81,17**	-28,91**
C3	7,09**	1,40**	78,85**	5,73**	-29,31**	-51,42*	-0,69

^{1/}C1: Mata vs [Café + (Café + Cedro) + (Cacau + Cedro)]. C2: Café vs [(Café + Cedro) + (Cacau + Cedro)]. C3: (Café + Cedro) vs (Cacau + Cedro). ^{2/}Massa da matéria seca de serapilheira acumulada.

Na cobertura CAF, observou-se menor produção de matéria seca e acúmulos de nutrientes na serapilheira em relação às coberturas CEC e CAC (Tabela 15, Contraste 2). Perez et al. (2004) encontraram maior produção e acúmulo de nutrientes na serapilheira do café em sistema agroflorestal (9.402 kg ha⁻¹) em comparação ao sistema convencional de cultivo (4.826 kg ha⁻¹). Dessa forma, o menor acúmulo de nutrientes na serapilheira de CAF está mais relacionado com o baixo acúmulo de manta orgânica nessa cobertura.

A presença do componente arbóreo e da biodiversidade nos consórcios contribuem significativamente no aporte de serapilheira e nutrientes no solo. Neste caso, diferentes espécies no consórcio permitem melhor exploração do

perfil do solo. As raízes desenvolvidas das árvores absorvem nutrientes das camadas mais profundas do solo, retornando-os à superfície. A biomassa formadora de serapilheira é oriunda dos fatores genéticos, ambientais e poda das árvores e outras espécies (SILVEIRA et al., 2007).

A cobertura CEC apresentou maior acúmulo de serapilheira e conteúdo de C e N na serapilheira acumulada em relação à CAC, porém, foi inferior quanto ao acúmulo de K e Ca (Tabelas 14 e 15, Contraste 3). A diferença encontrada entre essas coberturas pode estar relacionada à qualidade dos resíduos orgânicos depositados sobre o solo, interferindo no acúmulo de nutrientes na serapilheira. Os maiores acúmulos de C na serapilheira de CEC foram determinantes para este comportamento.

A ordem dos nutrientes presentes na serapilheira acumulada foi: N>Ca>Mg>K>P. Em um povoamento de *Acacia mangium* sobre um Argissolo Amarelo Balieiro et al. (2004) observaram a mesma ordem de acúmulo de nutrientes na serapilheira acumulada. Outros estudos, por sua vez, constataram maior quantidade de K do que de Mg (FERREIRA et al., 2007; LIMA et al., 2010).

As quantidades de nutrientes presentes na serapilheira acumulada podem ser importantes indicadores de liberação desses nutrientes para o solo. Dickow et al. (2009) ao coletarem o lixiviado por pulverização de serapilheira em casa-de-vegetação determinaram a seguinte ordem de liberação de nutrientes: K>Mg>Na>Ca. Isto pode explicar a ordem em que se encontra o acúmulo de nutrientes do presente estudo.

A cobertura CAF possui o menor acúmulo de nutrientes na serapilheira. A exposição a maiores temperaturas (cultivo em pleno sol), aumenta a taxa de decomposição de serapilheira nessa cobertura. Em contraste, o sombreamento da manta orgânica em MA associado à elevada acidez do solo nessa cobertura (Tabela 4) favorecem a uma menor taxa de decomposição e, conseqüentemente, de liberação de nutrientes.

5. CONCLUSÕES

As coberturas comportaram-se de forma diferenciada para determinados atributos do solo.

A mata foi a cobertura que mais favoreceu os estoques de carbono e nitrogênio no sistema, demonstrado pelos maiores teores de carbono orgânico total e nitrogênio total, acúmulo de serapilheira, teores de carbono solúvel em água e matéria orgânica leve.

Os cultivos agrícolas demonstraram potencial de estocar carbono e nitrogênio no solo.

As condições químicas do solo mais adequadas para o desenvolvimento de plantas foram encontradas no solo sob cafeeiro em monocultivo. A elevada acidez, altos níveis de alumínio e baixa disponibilidade de nutrientes no solo sob mata refletiram sua condição natural.

Os consórcios agroflorestais apresentaram condição similar para a fertilidade do solo. No entanto, diferenciaram quanto ao acúmulo de serapilheira e nutrientes na serapilheira.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFARO-VILLATORO, M. A. **Matéria orgânica e indicadores biológicos da qualidade do solo na cultura do café sob manejo agroflorestal e orgânico**. 2004. 178 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2004.

ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.4, p.933-942, 1999.

ANDRADE, F.V.; MENDONÇA, E.S.; ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em Latossolos e adsorção de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1003-1011, 2003.

ANDERSON, J.N.; INGRAM, J.S.I. **Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods**. Wallingford, CAB International, 1989. 171p.

BALIEIRO, F.C.; DIAS, L.E.; FRANCO, A.A; CAMPELLO, E.F.C.; FARIA, S.M. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* willd. **Ciência Florestal**, v.14, n.1, p.59-65, 2004.

BARRETO, A.C.; FERNANDES, M.F. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.10, p.1287-1293, 2001.

BARRETO, A.C.; FERNANDES, M.F. **Manejo da adubação verde sobre atributos químicos e físicos de um Argissolo Amarelo dos Tabuleiros Costeiros**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. 15p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 55).

BARRETO, A.C.; FREIRE, M.B.G.S.; NACIF, P.G.S.; ARAÚJO, Q.R.; FREIRE, F.J.; INÁCIO, E.S.B. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.4, p.1471-1478, 2008.

BARTLETT, R.J. & ROSS, S.D. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Science Society of America Journal**, 52:1191-1192, 1988.

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

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

CAMPOS, B.C.; AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; NICOLOSO, R.S.; FIORIN, J.E. Estoque e compartimentos de carbono em um Latossolo Vermelho Subtropical sob diferentes sistemas de longo prazo de preparo e rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.3, p.805-817, 2011.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, W.R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.1, p.147-157, 2009.

CARVALHO, F. **Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade de solo em florestas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) o. Ktze. no Estado de São Paulo** – Piracicaba, 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CARVALHO, J.L.N.; AVANZIL, J.C.; SILVA, M.L.N.; MELLO, C.R. CERRI, C.E.P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.2, p.277-289, 2010.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L. Caracterização física de uma classe de solo do ecossistema do tabuleiro costeiro. **Scientia Agricola**, v.55, n.3, p.367-378, 1998.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J.A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolos Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.2, p.317-326, 2004.

COELHO, R.A.; RICCI, M.S.F.; ESPÍNDOLA, J.A.A.; COSTA, J.R. Influência do sombreamento sobre a população de plantas espontâneas em área cultivada com cafeeiro (*Coffea canephora*) sob manejo orgânico, **Agronomia**, v.38, n.2, p.23-28, 2004.

COMPTON, J.E.; BOONE, R.D. Soil nitrogen transformations and the role of light fraction organic matter in forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.34, n.7, p.933-943, 2002.

CONCEIÇÃO, P.C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n., p.777-788, 2005.

CUNHA, G.C.; GRENDENE, L.A.; DURLO, M.A.; BRESSAN, D.A. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, v.3, n.1, p.35-64, 1993.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O. & CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do Cerrado no sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.913-923, 2002.

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

DAWSON, H. J.; UGOLINI, F. C.; HRUTFIORD, B. F.; ZACHARA, J. Role of soluble organic in the soil process of a Podzol. **Soil Science**, v. 126, n. 5, p. 290-296, 1978.

DICKOW, K.M.C.; MARQUES, R.; PINTO, C.B. Lixiviação de nutrientes da serapilheira recém depositada em sucessão ecológica na Floresta Atlântica, litoral do Paraná. **Floresta**, v.39, n.1, p.145-156, 2009.

DIEHL, R.C.; MIYAZAWA, M.; TAKAHASHI, H.W. Compostos orgânicos hidrossolúveis de resíduos vegetais e seus efeitos nos atributos químicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.spe, p.2653-2659, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 1999. 412p.

FÁVERO, C.; LOVO, I.C.; MENDONÇA, E.S. Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.32, n.5, p.861-868, 2008.

FERNANDES, D. R. Manejo do cafezal. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do café; fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986.

FERNANDES, C.A.F. **Avaliação da qualidade do solo em áreas de cacau cabruca, mata e policultivo no Sul da Bahia** – Ilhéus, 2008. 74 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa cruz.

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

FERREIRA, R.L.C.; LIRA JÚNIOR, M.A.; ROCHA, M.S.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; BARRETO, L.P. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* benth.). **Revista Árvore**, v.31, n.1, p.7-12, 2007.

FORD, D.E. What do we need to know about forest productivity and how can we measure it? In: Ballard, R., Gessel, S.P. (Eds.), IUFRO Symposium on Forest Site and Continuous Productivity. USDA Forest Service, General Technical Report, PNW-163, pp. 2-12, 1983.

FREIXO, A.A.; CANELLAS, L.P.; MACHADO, P.L.O.A. Propriedades espectrais da matéria orgânica leve-livre e leve intra-agregado de dois Latossolos sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência de solo**, v.26, n.2, p.445-453, 2002a.

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.2, p.425-434, 2002b.

GAMA-RODRIGUES, A.C. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais na região tropical: funcionalidade e sustentabilidade. In: MÜLLER, M.W.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; BRANDÃO, I.C.S.F.L. & SERÓDIO, M.H.C.F., eds. **Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: Sustento da vida e sustento de vida**. Ilhéus, SBSAF/CEPLAC/UENF, 2004. p.64-84.

HAIRIAH, K. et al. Litter layer residence time in forest and coffee agroforestry systems in Sumberjaya, West Lampung. **Forest Ecology and Management**, v.224, n.1, p.45-57, 2006.

HARTWIG, I.; OLIVEIRA, A.C.; CARVALHO, F.I.F.; BERTAN, I.; SILVA, J.I.G.; SCHMIDT, D.A.M.; VALÉRIO, I.P.; MAIA, L.C.; FONSECA, D.A.R.; REIS, C.A.S. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, n.2, p.219-228, 2007.

HAYNES, J. L. **Uso agrícola dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil**: um exame das pesquisas. 2. ed. Recife: Sudene, 1970. 139 p.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; SANTOS, J.B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v.38, n.2, p.118-127, 2008.

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

JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R.H.S.; FARDIM, M.P.; PONTES, T.M.; SARMIENTO, F. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.32, n.5, p.869-877, 2008.

KALBITZ, K., SOLINGER, S., PARK, J.H., MICHALZIK, B., MATZNER, E. Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: a review. **Soil Science**, v.165, n.4, p.277–304, 2000.

KARLEN, D. L.; DITZLER, C. A. & ANDREWS, S. S. Soil quality: Why and how? **Geoderma**. v.14, n.3-4, p.145-156, 2003.

KONIG, F.G.; SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; SELING, I. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria-RS. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.429-435, 2002.

LEITE, L.F.C. **Compartimentos e dinâmica da matéria orgânica do solo sob diferentes manejos e sua simulação pelo modelo Century**. 2002. 142p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A. & GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de C orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n., p.821-832, 2003.

LIMA, S.S.; LEITE, F.L.C.; AQUINO, A.M.; OLIVEIRA, F.C.; CASTRO, A.A.J.F. Serapilheira e teores de nutrientes em argissolo sob diferentes manejos no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v.34, n.1, p.75-84, 2010.

LU, Y.; WATANABE, A.; KIMURA, M. Carbon dynamics of rhizodeposits, root- and shootresidues in a rice soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.35, n.9, p.1223-1230, 2003.

MACEDO, M.O. **Estoque de carbono, nitrogênio e fertilidade do solo em áreas em recuperação com leguminosas e em um sistema de agricultura itinerante de alta produtividade**. 2007. 91 f. Tese (Mestrado em Ciência do solo) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; OLIVEIRA, F. N. S. Plantas espontâneas na cobertura do solo e acúmulo de nutrientes em áreas cultivadas com cajueiro. **Revista Ceres**, v.51, n.293, p.83-97, 2004.

MAIA, J. L. T.; RIBEIRO, M. R. Cultivo contínuo da cana-de-açúcar e modificações químicas de um Argissolo Amarelo fragipânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1127-1132, 2004.

MAIA, S.M.F.; XAVIER, S.A.F.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S.; ARAÚJO FILHO, J.A. Frações de nitrogênio em luvisolo sob sistemas agroflorestais e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.381-392, 2008.

- MALAVOLTA, E; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201p.
- MARTINS NETO, F.L.; MATSUMOTO, S.N. Qualidade do solo e nutrição de plantas em sistemas de produção de café (*coffea arabica* L.). **Coffee Science**, v.5, n.3, p.206-213, 2010.
- MELLONI, R; MELLONI, E.G.P.; ALVARENGA, M.I.N. VIEIRA, F.B.M. Avaliação da Qualidade de solos de diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.6, p. 2461-2470, 2008.
- MENDONÇA, E.S.; STOTT, D.E. Characteristics and decomposition rates of pruning residues from a shaded coffee system in Southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v.57, n.2, p.117–125, 2003.
- MIGUEL, P.; DALMOLIN, R.S.D.; ZALAMENA, J.; MEDEIROS, P. S. C.; FINK, J.R.; ROSA, A.S. Efeitos de diferentes usos do solo na microporosidade e macroporosidade do solo. In: **XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2007, Gramado. XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007.
- MIRANDA, J.; COSTA, L.M.; RUIZ, H.A.; EINLOFT, R. Composição química da solução de solo sob diferentes coberturas vegetais e análise de carbono orgânico solúvel no deflúvio de pequenos cursos de água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.4, p.633-647, 2006.
- MORAIS, H.; MARUR, C.J.; CARAMORI, P.H.; RIBEIRO, A.M.A.; GOMES, J.C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.1131-1137, 2003.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2002. 625p.
- MOREIRA, P.R.; SILVA, O. A produção de serapilheira em área reflorestada. **Revista Árvore**, v.28, n.1, p.49-59, 2004.
- MÜLLER, M.W.; GAMA-RODRIGUES, A.C. Sistemas agroflorestais com cacaueteiro. In: VALLE, R.R., ed. **Ciência, tecnologia e manejo do cacaueteiro**. Ilhéus, CEPLAC, 2007.p.246-271.
- NAIR, P.K.R. Agroecosystem management in the 21st century: It is time for a paradigm shift. **Journal of Tropical Agriculture**, v.46, n.1-2, p.1–12, 2008.
- OLIVEIRA, J.T.; MOREAU, A.M.S.S.; PAIVA, A.Q.; MENEZES, A.A.; COSTA, O.V. Características físicas e carbono orgânico de solos sob diferentes tipos de uso da terra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.esp., p.2821-2829, 2008.

OLIVEIRA JUNIOR, A.C.; SILVA, C.A.; CURI, N.; LIMA, J.M.; RANGEL, O.J.P. Formas e quantidade de carbono em lixiviados de Latossolo Vermelho sob influência de calcário e fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n.3, p. 1271-1271, 2008.

PASSOS, R.R.; RUIZ, H.A.; CANTARUTTI, R.B.; MENDONÇA, E.S. Carbono orgânico e nitrogênio em agregados de um Latossolo Vermelho distrófico sob duas coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.5, p.1109-1118, 2007.

PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; BEUTLER, S.J.; TORRES, J.L.R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.5, p.508-514, 2010.

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

PÉREZ, A.M.M.; MENEZES, R.S.C.; SILVA, E.D.; SAMPAIO, V.S.B. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no Agreste Paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.3, p.555-564, 2006.

PILLON, C.N.; SANTOS, D.C.; LIMA, C.L.R.; ANTUNES, L.O. Carbono e nitrogênio de um Argissolo Vermelho sob floresta, pastagem e Mata. **Ciência Rural**, v.41, n.3, p.447-453, 2011.

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). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.4, p.731-737, 2004.

PORTUGAL, A.F.; JUCKSCH, I.; SCHAEFER, C.E.G.R.; WENDLING, B. Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.5, p.2091-2100, 2008.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo – 5ª aproximação**. Vitória, ES. SEEA/INCAPER/CEDAGRO. 2007. 305p.

PULROLNIK, K.; BARROS, N.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; BRANDANI, C.B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações Lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no vale do Jequitinhonha – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.5, p.125-1136, 2009.

QUALLS, R.G.; HAINES, B.L. Geochemistry of dissolved organic nutrients in water percolating through a forest ecosystems. **Soil Science Society of America Journal**, v.55, n.1, p.1112-1123, 1991.

QUALLS, R.G.; HAINES, B.L.; SWANK, W.T. Fluxes of dissolved organic nutrients and humic substances in a deciduous forest. **Ecology**, v.72, n.1, p.254-266, 1991.

RADCLIFFE, D.E.; CLARK, R.L.; SUMNER, M.E. Effect of gypsum and deep-rooting perennials on subsoil mechanical impedance. **Soil Science Society America Journal**, v.50, p.1566-1570, 1986.

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.6, p.1609-1623, 2007.

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A.; GUIMARÃES, P.T.G.; MELO, L.C.A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.C. Carbono orgânico e nitrogênio total do solo e suas relações com os espaçamentos de plantio de cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n., p.2051-2059, 2008.

RODRIGUES, B.D.; MARTINS, S.V.; LEITE, H.G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore**, v.34, n.1, p.65-73, 2010.

RAULUND-RASMUSSEN, K.; BORRGAARD, O. K.; HANSEN, H. C. B.; OLSSON, M. Effect of natural soil solutes on weathering rates of soil minerals. **European Journal of Soil Science**, v. 49, n. 3, p. 397-406, 1998.

SCHOENHOLTZ, S.H.; MIEGROET, H.V.; BURGUER, J.A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, v.138, n.1-3, p.335-356, 2000.

SCHROTH, G; LEHMANN, J.; RODRIGUES, M.R.L.; BARROS, E.; MACEDO, J.L.V. Plant-soil interactions in multistrata agroforestry in the humid tropics. **Agroforestry Systems**, v.53, p. 85-102, n.2, 2001.

SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; HERNANDES, J.I.; KONIG, F.G. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, v.28, n.1, p.29-37, 2004.

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

SILVA, F.A.M.; NOGUEIRA, F.D.; RIBEIRO, L.L.; GODINHO, A.; GUIMARÃES, P.T.G. Exsudação de ácidos orgânicos em rizosfera de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.19, n.2, p.193-196, 2001.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.

SILVA, D.C.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; OLIVEIRA, A.H.; SOUZA, F.S.; MARTINS, S.G.; MACEDO, R.L.G. Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. **Revista de Estudos Ambientais**. v.13, n.1, p.77-86, 2011.

SILVEIRA, N. D.; PEREIRA, M. G.; POLIDORO, J. C.; TAVARES, S. R. de L.; MELLO, R. B. Aporte de nutrientes e biomassa via serapilheira em sistemas agroflorestais em Paraty (RJ). **Ciência Florestal**, v.17, n.2, p.129-136, 2007.

SOARES, I.; QUEIROZ, J.A.; OLIVEIRA, V.H.; CRISÓSTOMO, L.A.; OLIVEIRA, T.S. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes na cultura do cajueiro anão precoce. **Revista Árvore** v.32, n.1, p.173-181, 2008.

SOBRAL, L. F.; CINTRA, F. L. D.; SMYTH, J. T. Lime and gypsum to improve root depth of orange crop in an Ultisol of the Coastal Tablelands. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.836-839, 2009.

SOLLINS, P. et al. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. **Geoderma**, Amsterdam, v.74, n.1-2, p.65-105, 1996.

SOUZA, W.J.O.; MELO, W.J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1113-1122, 2003.

SOUZA, E.C. VILAS BOAS, E.V.B.; VILAS BOAS, B.M.; RODRIGUES, L.J.; PAULA, N.R.F. Qualidade e vida útil de pequi minimamente processado e armazenado sob atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.6, p.1811-1817, 2007.

STEVENSON, F.J. **Humus Chemistry: genesis, composition, reactions**. 2^a ed. New York: Wiley. 496 p., 1994.

TEDESCO, H.J., VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, UFRGS, 50p. 1985. (Boletim Técnico, 5).

TEIXEIRA, J.A.M.; SILVA, U.C.; VIANA, J.H.M.; MOREIRA, J.A.A.; OLIVEIRA, A.C.; MARRIEL, A.E. Estoque de carbono orgânico lábil e atividade da urease em solo de cerrado influenciados pela época de amostragem e sistema de manejo e uso do solo. In: IX SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO: Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais, 2008, Brasília. **Anais...** Brasília: ParlaMundi, 2008.

TOLEDO, L.O.; PEREIRA, M.G.; MENEZES, C.E.G. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, v.12, n.2, p.9-16, 2002.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.1, p.213-223, 2011.

WIEDER, R.K.; LANG, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, v.63, n.3, p.1636-1642, 1982.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M.. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Communications in. **Soil Science Plant Analysis**, v.19, n.13, p.1467-1476, 1988.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. **Ciencia Rural**, v.37, n.1, p.110-117, 2007.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. Liming and Ionic speciation of an Oxisol under no-till system. **Scientia Agricola**, v.65, n.2, p.190-203, 2008.

7. APÊNDICE

Tabela 1A. Análise de variância do pH em água (pH), fósforo disponível (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na) e alumínio (Al) em solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais e profundidades de amostragem

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio						
		pH	P	Ca	Mg	K	Na	Al
Cobertura (A)	3	11,047**	55,572*	6,589**	1,668**	0,002	0,000	1,033**
Profundidade (B)	2	2,247**	422,009**	8,320**	2,380**	0,008**	0,000**	0,545**
Resíduo A	8	0,275	9,203	0,737	0,219	0,002	0,000	0,052
Resíduo B	16	0,066	4,346	0,166	0,032	0,000	0,000	0,031
CV A (%)		9,48	24,77	51,95	51,12	49,61	26,58	74,39
CV B (%)		4,63	17,02	24,68	19,70	20,69	25,32	57,47

** , * : Significativo a 1 e 5% pelo teste F.

Tabela 2A. Análise de variância da acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade efetiva de troca de cátions (t), capacidade de troca de cátions a pH 7 (T), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) em solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais e profundidades de amostragem

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		H+Al	SB	t	T	V	M
Cobertura (A)	3	40,840**	13,056**	9,246*	19,828*	4800,099**	1924,340*
Profundidade (B)	2	0,720	20,529**	14,515**	13,761**	2077,477**	2090,943**
Resíduo A	8	1,284	1,663	1,266	3,878	167,408	301,992
Resíduo B	16	0,366	0,339	0,278	0,240	54,351	139,435
CV A (%)		31,54	47,79	37,46	31,31	30,01	106,28
CV B (%)		16,85	21,58	17,55	11,70	17,10	72,22

** , * : Significativo a 1 e 5% pelo teste F.

Tabela 3A. Análise de variância do carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), carbono solúvel em água (CSA), relação COT/NT e relação COT/CSA em solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais e profundidades de amostragem

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		COT	NT	MOL	CSA	COT/NT	COT/CSA
Cobertura (A)	3	128.148**	0.468	8,075*	7434,704*	166,174	19878,593
Profundidade (B)	2	177.285**	1,037**	14,565**	517,984	21,376	26791,194**
Resíduo A	8	15.519	0,123	1,104	1431,086	56,957	42189,722
Resíduo B	16	12.000	0,012	0,379	365,357	33,624	4187,931
CV A (%)		27,22	38,53	74,06	48,30	43,87	95,04
CV B (%)		23,93	12,07	43,41	24,40	33,71	29,94

** , * : Significativo a 1 e 5% pelo teste F.

Tabela 4A. Análise de variância dos teores de carbono orgânico (C) e dos nutrientes minerais na serapilheira acumulada em solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		C	N	P	K	Ca	Mg
Coberturas	3	43,398**	106,502**	0,208**	17,718**	98,641**	5,190**
Resíduo	16	7,077	1,192	0,002	0,390	5,792	0,382
CV (%)		8,13	7,86	3,53	29,28	19,51	15,70

** , * : Significativo a 1 e 5% pelo teste F. ^{1/}Massa da matéria seca da serapilheira acumulada

Tabela 5A. Análise de variância da serapilheira acumulada(SER), do acúmulo de carbono orgânico (C) e dos nutrientes minerais na serapilheira acumulada em solo de Tabuleiros Costeiros sob diferentes coberturas vegetais

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio						
		MS ^{1/}	C	N	P	K	Ca	Mg
Coberturas	3	162,14**	14,63**	63249**	207,2**	195**	16,47**	3096**
Resíduo	16	0,7587	0,1265	434,39	1,54	67,240	923,48	86,43
CV (%)		7,18	9,13	12,24	7,89	31,71	21,90	19,51

** , * : Significativo a 1 e 5% pelo teste F. ^{1/}Massa da matéria seca da serapilheira acumulada.