



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
ÁREA DE PRODUÇÃO VEGETAL**



**CARBONO ORGÂNICO TOTAL E FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO  
SOLO NA CONVERSÃO DE CANA-DE-AÇUCAR PARA EUCALIPTO EM  
ALAGOAS**

**Anderson Vitor Lins da Silva**

**Rio Largo - Alagoas**

**2017**

**ANDERSON VITOR LINS DA SILVA**

**CARBONO ORGÂNICO TOTAL E FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO  
SOLO NA CONVERSÃO DE CANA-DE-AÇUCAR PARA EUCALIPTO EM  
ALAGOAS**

Dissertação para apresentação ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Stoécio Malta Ferreira Maia

**Rio Largo ó Alagoas**

**Março de 2017**

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Bibliotecário Responsável: Valter dos Santos Andrade**

S586c Silva, Anderson Vitor Lins da.  
Carbono orgânico total e frações da matéria orgânica do solo na conversão de cana-de-açúcar para eucalipto em Alagoas / Anderson Vitor Lins da Silva. ó 2017.  
53 f. : il. tabs.

Orientador: Stoécio Malta Ferreira Maia.  
Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) ó Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2017.

Bibliografia: f. 40-46.

1. Agronomia. 2. Qualidade do solo. 3. Solo - Manejo. 4. Seqüestro de carbono. 4. Área de cultivo ó Transição. I. Título.

CDU: 631.4

TERMO DE APROVAÇÃO

ANDERSON VITOR LINS DA SILVA

(Matrícula 14230044)

"CARBONO ORGÂNICO TOTAL E FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO NA  
CONVERSÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA EUCALIPTO EM ALAGOAS"

Dissertação apresentada e avaliada pela banca examinadora em 08 de março de 2017, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal do Programa de Pós-Graduação em Agronomia "Produção Vegetal" da Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias da UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.



Prof. Dr. Stela Maria Ferreira Maia  
Presidente



Dr.ª Tâmara Cláudia de Araújo Gomes  
Membro



Prof. Dr. Eurico Eduardo Pinto de Lemos  
Membro

RIO LARGO – AL  
Março/2017

*“Bem-aventurado o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento; porque é melhor a sua mercadoria do que artigos de prata, e maior o seu lucro que o ouro mais fino. Mais preciosa é do que os rubis, e tudo o que mais possas desejar não se pode comparar a ela”.*  
**(Provérbios 3: 13-15)**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por me dar forças para não desistir dos meus objetivos e pelas bênçãos recebidas durante toda a minha vida.

Aos meus pais José Antonio da Silva e Vilma Lins da Silva por terem me proporcionado os ensinamentos e as condições para que eu pudesse desenvolver meus estudos, dando incentivo e apoio em todas as etapas da minha vida.

À minha irmã Andressa Vivian Lins da Silva pela força, apoio e carinho.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal por todos os ensinamentos compartilhados.

À coordenação e ao colegiado da Pós-Graduação em produção vegetal pela oportunidade proporcionada em dar continuidade à minha formação profissional.

Ao meu orientador Prof. Dr. Stoécio Malta Ferreira Maia, pela paciência, orientações e todos os ensinamentos transmitidos.

Aos colegas do curso de produção vegetal pela amizade compartilhada.

Aos colegas do Laboratório do IFAL.

Aos Amigos que contribuíram para coleta de dados, Giordano Gonzaga, Renato Américo, Aldair Medeiros.

Ao grupo Agropecuária Albuquerque por ter cedido a área para coleta dos dados.

À todos aos que de alguma forma contribuíram para a idealização deste trabalho.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo determinar as mudanças nos estoques de carbono do solo e avaliar a dinâmica da matéria orgânica do solo em florestas de eucalipto implantadas a partir de área de cana-de-açúcar no estado de Alagoas. O estudo se baseou na hipótese de que a conversão do cultivo de cana-de-açúcar com queima para o cultivo de eucalipto nas condições de Alagoas, promove a melhoria da qualidade do solo por meio do aumento dos estoques de carbono orgânico no solo e da melhoria da dinâmica da matéria orgânica. Com este intuito, quatro situações foram selecionadas para o estudo, foram elas: i) área cultivada com cana-de-açúcar (Cana) por aproximadamente 20 anos com o sistema de colheita manual e queima, a qual foi usada como área de referência do estudo; ii) área cultivada com eucalipto a um ano (E1); iii) área cultivada com eucalipto a três anos (E3); iv) área cultivada com eucalipto a seis anos (E6). As amostras de solo foram coletadas e analisadas em seis profundidades 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80 cm. Foram realizadas as determinações da densidade do solo, granulometria, carbono orgânico do solo, nitrogênio total, carbono microbiano, carbono mineralizável, e carbono oxidável. Os resultados demonstraram que a conversão do cultivo de cana-de-açúcar com colheita manual e queima para o cultivo do eucalipto foi eficiente em promover o sequestro de carbono do solo, assim como, melhorar a qualidade do mesmo por meio do aumento dos teores e estoques de matéria orgânica do solo e melhorar sua dinâmica. Mais especificamente, o cultivo com eucalipto com três e seis anos promoveu substancial aumento nos estoques de carbono orgânico do solo, houve incremento também da fração mais leve da matéria orgânica do solo, e melhoria do indicador biológico  $qCO_2$  (quociente metabólico) o qual sugere que existe um ambiente mais equilibrado e favorável a atividade microbiana do solo. Vale ressaltar ainda, a diminuição da densidade do solo nos tratamentos E3 e E6, a qual é mais um indicativo dos benefícios do aumento da MOS.

**Palavras-chave:** Qualidade do solo. Sequestro de carbono no solo. Fracionamento químico.

## ABSTRACT

The present work had as objective to determine the changes in soil carbon stocks and to evaluate soil organic matter dynamics in eucalyptus forests implanted from the sugarcane area in the state of Alagoas. The study was based on the hypothesis that the conversion of sugarcane with burning harvest system to eucalyptus crop in Alagoas conditions promotes the improvement of the soil quality through the increase of soil organic carbon stocks and the improvement of the soil organic matter dynamic. Therefore, four situations were selected: i) area cultivated with sugarcane (Cana) for approximately 20 years with the manual harvesting and burning system, which was used as reference area; (ii) area under eucalyptus with one year (E1); (iii) area under eucalyptus with three years (E3); iv) area under eucalyptus with six years (E6). Soil samples were collected and analyzed at six depths 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 and 60-80 cm. Soil density, particle size, soil organic carbon, total nitrogen, microbial carbon, mineralizable carbon, and oxidizable carbon were determined. The results showed that the conversion of sugarcane with manual harvesting and burning for eucalyptus cultivation was efficient in promoting the soil carbon sequestration, as well as improving the soil quality by increasing the levels of soil organic matter and improve their dynamics. More specifically, eucalyptus cultivation with three and six years promoted a substantial increase in soil organic carbon stocks, there was also an increase in the light fraction of organic matter in the soil, and an improvement in the biological indicator  $qCO_2$  (metabolic quotient) which suggests that there is a more balanced and favorable environment for soil microbial activity. It is also worth mentioning the decrease in soil density in the treatments E3 and E6, which is another indication of the benefits of the increase in SOM.

**Key Word:** Soil quality. Soil carbon sequestration. Chemical fractionation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b> Distribuição espacial dos ambientes avaliados na área de estudo. Cana; E1:Eucalipto 1 ano; E3: Eucalipto com 3 anos e E6: Eucalipto com 6 anos. ....	21
<b>Figura 2.</b> Análise de regressão do Carbono orgânico do solo .....	40
<b>Figura 3.</b> Análise de regressão do Nitrogênio total .....	41
<b>Figura 4.</b> Análise de regressão do C oxidável - F1 .....	42

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Médias de densidade e dos teores de argila, areia, e silte, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80 cm, nos diferentes tratamentos. ....	25
<b>Tabela 2.</b> Médias dos teores de carbono orgânico total (COT) nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80 cm, nos diferentes tratamentos. ....	27
<b>Tabela 3.</b> Médias dos estoques de carbono orgânico total (COT) nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 0-80 cm, nos diferentes tratamentos .....	29
<b>Tabela 4.</b> Médias dos teores de Nitrogênio orgânico total (NT) nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80 cm, nos diferentes tratamentos .....	29
<b>Tabela 5.</b> Médias dos estoque de Nitrogênio orgânico total (NT) nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80 cm, nos diferentes tratamentos .....	30
<b>Tabela 6.</b> Relação C/N Carbono e Nitrogênio orgânico total (NT) nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80 cm, nos diferentes tratamentos .....	31
<b>Tabela 7.</b> Médias dos teores de carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), Quociente Metabólico (qCO <sub>2</sub> ) e Quociente Microbiano (qMIC) Nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30 cm, nos diferentes tratamentos. ....	34
<b>Tabela 8.</b> Médias de Carbono Mineralizável e seu respectivo desvio padrão, nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, nos diferentes tratamentos submetidos a 25°C em incubadora. ....	35
<b>Tabela 9.</b> Médias dos teores das frações de carbono orgânico extraídas (F1, F2, F3 e F4) em um gradiente crescente de oxidação com ácido sulfúrico, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, e 60-80 cm, nos diferentes tratamentos .....	37
<b>Tabela 10.</b> Agrupamento dos sistemas de cultivo (cana-de-açúcar e eucalipto), pelo método de Tocher com base na distância euclidiana média, utilizando as propriedades físicas e químicas, em todas as profundidades avaliadas no estudo .....	43

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Cana-de-açúcar e Eucalipto</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Carbono e Matéria Orgânica do Solo</b> .....	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
<b>3.1</b>	<b>Área de estudo e amostragem do solo</b> .....	<b>20</b>
<b>3.2</b>	<b>Variáveis analisadas</b> .....	<b>21</b>
3.2.1	Carbono orgânico total (COT).....	21
3.2.2	Nitrogênio total (NT).....	21
3.2.3	Carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS).....	22
3.2.5	Carbono orgânico sob diferentes graus de oxidação.....	22
3.2.6	Carbono mineralizável (Cmin).....	22
3.2.8	Análise granulométrica.....	23
3.2.9	Análises estatísticas.....	23
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1</b>	<b>Densidade e granulométrica</b> .....	<b>24</b>
<b>4.2</b>	<b>Teor de Carbono do solo</b> .....	<b>26</b>
<b>4.3</b>	<b>Estoques de Carbono do solo</b> .....	<b>27</b>
<b>4.4</b>	<b>Teor de Nitrogênio</b> .....	<b>29</b>
<b>4.5</b>	<b>Estoque de Nitrogênio total</b> .....	<b>30</b>
<b>4.6</b>	<b>Relação C/N</b> .....	<b>31</b>
<b>4.6</b>	<b>Carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS)</b> .....	<b>32</b>
<b>4.7</b>	<b>Quociente mmetabólico (qCO<sub>2</sub>) e microbiano (qMIC)</b> .....	<b>32</b>
<b>4.8</b>	<b>Carbono Mineralizável</b> .....	<b>34</b>
<b>4.9</b>	<b>Carbono Oxidável</b> .....	<b>35</b>
<b>4.10</b>	<b>Resultados para profundidade do solo</b> .....	<b>39</b>

<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>44</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>45</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a expansão da cultura de *Eucalyptus* sp. foi notável no Brasil, tanto que o país ascendeu no mercado internacional como um dos principais produtores de celulose (ABRAF, 2012). Atualmente, o Brasil possui uma área de 7,2 milhões de hectares de florestas plantadas, destes, 77,8% são cultivados com eucalipto, além do suprimento de madeira e diversos outros produtos, pode contribuir com o sequestro de CO<sub>2</sub> da atmosfera, mitigando o aquecimento global.

Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ 2016), atualmente, o país é um dos maiores produtores de floresta plantada no mundo e em 4º lugar no ranking mundial dos produtores de celulose. Em 2014, a produção brasileira de celulose totalizou 16,4 milhões de toneladas. Para aumento dos plantios, ampliação e construção de fábricas, até 2020, estima-se investimentos de R\$ 53 bilhões.

Os plantios de eucalipto no Brasil se desenvolveram principalmente em áreas de pastos degradado, tendo se concentrado nos estados de Minas Gerais, com uma área plantada de 1,28 milhões de hectares (30%), seguido por São Paulo (21,9%) e Bahia (13,8%), e foi feita a partir principalmente de áreas de pasto degradados.

Em Alagoas, o eucalipto vem sendo gradativamente adotado nos últimos anos, principalmente substituindo áreas cultivadas com cana-de-açúcar, e, sobretudo em áreas de encostas, e estima-se que existem cerca de 10 mil hectares plantados (Agencia Alagoas, 2016). Portanto, o eucalipto surge como uma opção para o cultivo nos sistemas de integração-lavoura-pecuária-floresta (ILPF) que começam a ser discutidos como alternativa de diversificação para o setor agrícola local diante das dificuldades encontradas pelo setor sucroenergético no estado. A economia alagoana tem sido muito dependente do setor agrícola, e principalmente da produção da cana-de-açúcar, estados produtores, a cultura canavieira foi um dos principais fatores de formação e desenvolvimento regional. A marca da cultura canavieira estende-se além dos extensos canaviais que dominam o horizonte dos tabuleiros costeiros; ela também se estende no tempo. Esta afirmação confirma-se quando se analisa o cenário socioeconômico alagoano e nota-se que o setor canavieiro definiu e até hoje define os rumos da economia do estado (SANTOS, 2011).

Em algumas regiões do estado já existem áreas que foram convertidas de cana-de-açúcar para eucalipto a 6/7 anos, e com a perspectiva de expansão, se faz necessário estudar os efeitos de tal mudança sobre o solo, bem como a adaptação do eucalipto as condições de solo e clima de Alagoas (Agencia Alagoas, 2016).

Estima-se que um hectare de plantio arbóreo pode absorver em torno de 10 toneladas de carbono por hectare/ano da atmosfera (Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2004; RODIGHERI et al, 2005; PEDROSA et al, 2013). Estima-se também que 45% da biomassa vegetal é carbono. Em florestas tropicais a biomassa seca pode variar entre 150 e 382 t/ha, dessa forma o carbono armazenado varia entre 67,5 a 171 t/ha (AREVALO et al., 2002). Nascimento et al (2010) verificaram que o reflorestamento fixou 133,32 toneladas de carbono por hectare, no período de 6 anos.

A substituição da vegetação nativa por eucalipto pode gerar variações físicas, químicas e microbiológicas no solo. Sendo assim, essas variações estão diretamente relacionadas com sua qualidade e produtividade. (ABURJAILE et al., 2011).

A MOS é um componente fundamental para manutenção da capacidade produtiva dos solos, por causa dos seus efeitos sobre a disponibilidade de nutrientes, a capacidade de troca de cátions do solo, a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, a agregação, a infiltração, a retenção de água, a aeração e a atividade e biomassa microbiana (BAYER et al, 2008).

A redução da MOS pode comprometer a sustentabilidade da produção florestal em razão de seu efeito em processos relacionados à disponibilidade de água e de nutrientes para as plantas (NAMBIAR, 1999). Todavia, há pouca informação sobre a dinâmica da matéria orgânica e do C dos solos sob cultivo de eucalipto no Brasil, principalmente, proveniente de áreas anteriormente cultivadas com cana-de-açúcar na região nordeste do Brasil. O estudo desses ambientes de conversão permitirá a geração de informações relevantes não só para a estimativa dos impactos resultantes da mudança de uso do solo, mas também, para o estabelecimento do sistema de manejo mais adequado as condições edafoclimáticas locais.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo determinar as mudanças nos estoques de carbono do solo e avaliar a dinâmica da matéria orgânica do solo em florestas de eucalipto implantadas a partir de área de cana-de-açúcar no estado de Alagoas. O estudo é baseado na hipótese de que a conversão do cultivo de cana-de-açúcar com queima para o cultivo de eucalipto nas condições de Alagoas, promove a melhoria da qualidade do solo por meio do aumento dos estoques de carbono orgânico no solo e da melhoria da dinâmica da matéria orgânica.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Cana- de- açúcar e Eucalipto**

A produção de cana-de-açúcar, estimada para a safra 2a016/17, é de 694,54 milhões de toneladas. O crescimento está avaliado em 4,4% em relação à safra anterior. A área a ser colhida está estimada em 9,1 milhões hectares, o que corresponde um aumento de 5,3%, se comparada com a safra 2015/16 (Conab, 2016). Na Região Norte/Nordeste a situação da safra de cana-de-açúcar é diferente do Centro-Sul. Nessa região a cultura da cana-de-açúcar se recupera de uma forte seca nas últimas duas safras (2012/13 e 2013/14). Houve um acréscimo de produtividade de 9,5% na Região Nordeste, em relação à safra anterior, apesar da queda da área plantada que foi de 4,6%, se refletindo no aumento de produção de 4,4% em relação à safra2013/14. Alagoas aparece com 4,41% da produção total do país com 401,34 mil hectares.

O período indutivo da cana-de-açúcar em Alagoas ocorre nos meses de fevereiro a março, podendo ocorrer com menos frequência no mês de abril; e o florescimento acontece nos meses de abril, maio e junho.

Devido ao clima da região canavieira de Alagoas, o plantio da cana-planta, ou seja, a brotação de mudas plantadas e que posteriormente sofrerá o primeiro corte, que é denominado de plantio de inverno, tem seu início no mês de junho, julho e agosto, se estendendo durante 15 meses. Há também o plantio de setembro e parte de outubro, que vai até 15 de outubro. Há, ainda, áreas plantadas para semente, que tem seu início em junho, julho, agosto e setembro e que se estende por 12 meses para cana-soca, ou seja, a planta gerada após o corte e áreas cortadas para moagem, que tem o seu início em setembro e outubro. (SANTOS et al., 2011).

O sistema agrícola de plantio de cana ocupa-se exclusivamente do processamento da matéria-prima. Abrange as etapas de preparo do solo, plantio, tratos culturais, colheita e transporte até a usina. Nesta fase os maiores impactos ambientais ocorridos são a queima da palha da cana, a aplicação de herbicidas nos canaviais. Um fato preocupante também é a aplicação de agrotóxicos, inseticidas altamente tóxicos usados para combater infestação de cupins cujo efeito residual pode persistir por anos (UNICA, 2010).

Com relação à importância da cultura da cana-de-açúcar para a economia alagoana, vale iniciar mencionando que a história econômica de Alagoas teve seus primórdios desde 1819 (SANTANA, 1970), valendo lembrar que o modelo agrícola estabelecido em praticamente todo o interior do estado foi herdado do período colonial (LIRA, 1997). No estado de Alagoas, como nos demais estados produtores de cana-de-açúcar, a cultura

canavieira foi um dos principais fatores de formação e desenvolvimento regional. A marca da cultura canavieira estende-se além dos extensos canaviais que dominam o horizonte dos tabuleiros costeiros; ela também se estende no tempo. Esta afirmação confirma-se quando se analisa o cenário socioeconômico alagoano e nota-se que o setor canavieiro definiu e até hoje define os rumos da economia do estado (SANTOS et al., 2011).

Apesar dos benefícios que a cana-de-açúcar proporciona a Alagoas, preocupantes são as consequências dessa forte dependência do estado em relação a essa cultura, pois fica sujeito a crises que venham prejudicar o setor; bem como por fatores de ordem climática (aleatórios, que fogem ao controle do homem), além da queda de preços e elevação dos custos de produção e de financiamento; e também por conta da forte concorrência com outros estados que se inovaram tecnologicamente. Atualmente, o estado de Alagoas vem passando por uma das maiores crises de sua história. Portanto, são necessários estudos para dinamizar essa agroindústria, contemplando novas lavouras como fonte de emprego e renda para o estado.

A crise da cana-de-açúcar no estado de Alagoas é uma situação que vem se agravando a cada ano e tirando o emprego de muitos. A recuperação do setor canavieiro é crucial, mas é importante viabilizar outras alternativas que diminuam o desemprego, como por exemplo, o incentivo a adoção para o plantio de eucalipto (Agência Alagoas, 2015).

O eucalipto é uma árvore nativa da Austrália, do Timor e da Indonésia, sendo exótico em todas as outras partes do mundo. Os primeiros plantios datam do início do século XVIII, na Europa, na Ásia e na África. Já no século XIX, começou a ser plantado em países como Espanha, Índia, Brasil, Argentina e Portugal (PRYOR et al, 1976).

Nas últimas décadas a expansão da cultura de *Eucalyptus* sp. foi notável no Brasil, tanto que o país ascendeu no mercado internacional como um dos principais produtores de celulose (ABRAF, 2012). Esse cenário é resultante principalmente de duas políticas públicas por parte do governo federal que incentivou a produção florestal. Primeiro, no período de 1965 a 1987, as plantações de eucalipto podiam utilizar o programa federal de incentivos fiscais (LIMA, 1996) e, mais recentemente, o Programa Nacional de Florestas (PNF) do Ministério do Meio Ambiente (Decreto nº 3.420/2000, Brasil, 2000). Com isso, o incentivo à expansão da base florestal viabilizou empreendimentos fundamentados em insumos florestais, tais como, a indústria de painéis de madeira, mobiliários e, principalmente, papel e celulose, que possui uma importante relevância na balança comercial do país (ABRAF, 2012).

No período de 2005 a 2011 a área de plantios florestais de Eucalipto e Pinus no país aumentou 27,9%, atingindo 6,5 milhões de hectares, sendo 77,8% de plantações de eucalipto. Segundo cálculos da ABRAF (2014), já em 2013 o setor florestal concentrou, um total

estimado de 7,2 milhões de hectares de árvores plantadas de eucalipto, pinus, e demais espécies (acácia, seringueira, paricá, teca, araucária, populus). Entre os principais produtores do país, destacam-se Minas Gerais com uma área de 1,28 milhões de hectares de eucalipto o que representa 30% da área total, seguido por São Paulo com 21,9% e a Bahia com 13,8% (ABRAF, 2013).

Em Alagoas, o plantio de eucalipto é incipiente, contando atualmente com 10.000 hectares, com uma melhor adaptação da planta no norte do estado, na Zona da Mata e em partes do Agreste. O plantio e a utilização do eucalipto são fomentados através de um projeto criado em 2008 por instituições como o Sebrae Alagoas, a Secretaria de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico (Seplande), a Secretaria de Estado da Ciência, da Tecnologia e da Inovação (Secti), a Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Alagoas (FAEAL) e a Federação das Indústrias do Estado de Alagoas (Agencia SEBRAE, 2015).

De acordo com (VIANA et al., 2011). Para o plantio de eucalipto é necessário avaliar as condições físicas e químicas do solo de cada propriedade, onde o eucalipto será implantado. Em áreas com declive e que não necessitam de correção tem sido recomendado o cultivo mínimo, para reduzir o revolvimento do solo, utilizando o subsolador somente nas faixas de plantio do eucalipto. Os sulcos são feitos nas linhas de plantio, utilizando sulcador geralmente empregados no plantio de cana-de-açúcar, com profundidade de 30 a 40 cm. No local de plantio das mudas deve-se acertar as covas, de modo que tenham as dimensões 40 x 40 x 40 cm. A adubação deve atender às exigências nutricionais da cultura. Na implantação da do eucalipto, fazer a fosfatagem colocando o fosfato natural reativo simultaneamente com a subsolagem ou em covas, na profundidade de 40 a 50 cm. Recomenda-se a colocação de até 500 kg/ha de fosfato reativo ou 200 kg/ha de superfosfato simples, para o bom desenvolvimento do eucalipto.

## **2.2. Carbono e Matéria Orgânica do Solo**

O C é o principal constituinte da matéria orgânica do solo (MOS), a qual interfere e interage com praticamente todos os processos e atributos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no solo, influenciando, por exemplo, a retenção de água, a disponibilidade de e ciclagem de nutrientes, a atividade de micro e macrorganismos, a formação de agregados, a complexação de metais pesados e etc. Mais especificamente, dentre os compartimentos globais de C, o solo é o maior reservatório do ecossistema terrestre. Segundo Houghton

(2001), o estoque de C orgânico nos solos varia entre 1,5 a 2,0 Pg, sendo cerca de duas vezes maior que o estoque de C na atmosfera e cerca de três vezes maior que o C contido na biomassa vegetal do planeta (LAL, 2004).

Assim, dependendo do manejo adotado, os solos podem se comportar como fontes de CO<sub>2</sub> para atmosfera, ou podem atuar como drenos ajudando a mitigar as emissões de gases do efeito estufa (GEE) (MAIA et al., 2010). Existe, portanto, interesse crescente na identificação dos sistemas de manejo de culturas e pastagens que promovam o aumento do estoque de carbono no solo (FREITAS et al. 2000). Um baixo teor do carbono orgânico estocado no solo pode estar diretamente relacionado a uma alta taxa de emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (GIONGO, 2011).

O carbono (C) acumula-se na atmosfera à taxa de 3,5 Pg ano<sup>-1</sup>, sendo a maior proporção resultante da queima de petróleo e carvão e da conversão de florestas tropicais para áreas de produção agrícola (PAUSTIAN et al., 2000). A concentração atual de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera é de 382 mol mol<sup>-1</sup> (MILLARD et al., 2007). O cultivo de florestas, principalmente nas regiões tropicais, tem sido apontado como meio eficiente no sequestro de C em razão da acumulação deste na madeira e aumento do estoque no solo.

Especificamente sobre o cultivo de eucalipto no Brasil, este tem sido proveniente, principalmente, de áreas de pastagem, ou seja, a conversão de áreas de pasto para eucalipto. No que se refere a C do solo, Lima et al (2006) demonstraram que o cultivo de eucalipto em solos degradados de pastagem do Brasil tem levado a incrementos substanciais no estoque de C (LIMA et al., 2006).

O cultivo de eucalipto em áreas de pastagem pode causar mudanças no estoque de C e N no solo e, possivelmente, alterar a qualidade da matéria orgânica do solo (MOS). Florestas plantadas de eucalipto são capazes de alocar maior conteúdo de C e N na sua parte aérea. Ganhos de C no solo, derivados do eucalipto, concentram-se na camada de 0-30 cm (BINKLEY et al., 2004a), enquanto outras culturas como as pastagens caracterizam-se por estocar mais C no seu sistema radicular (ALCÂNTARA et al., 2004) (cerca de 30 a 50% do C fixado via fotossíntese) a maiores profundidades (KUZYAKOVET al, 2000) que no solo com eucalipto. Com isso, o ganho em conteúdos de C e N nas camadas superficiais do solo pela instalação dessa espécie arbórea pode ser contrabalançado por perdas de C da cultura anterior nas camadas inferiores (BINKLEY et al., 2004b).

O carbono é um dos principais componentes da matéria orgânica do solo (GUEDES, 2009), e os seus estoques variarão em função das taxas de adição por resíduos vegetais e, ou, animais, e de perda, dentre elas, as decorrentes da erosão e da oxidação pelos microrganismos

do solo. Em solos sem ação antrópica, o teor e o estoque desses elementos são determinados basicamente pela temperatura, pela umidade e pelo tipo de solo (BAYER et al., 2009).

Em sistemas agrícolas, os estoques de C orgânico (CO) no solo são influenciados pelo manejo adotado. Em solos com intenso revolvimento, além das perdas por erosão, ocorre aumento da atividade microbiana pela maior exposição dos resíduos aos microrganismos e suas enzimas (SOUZA et al., 2009). O preparo convencional, normalmente degrada o solo pela redução de sua cobertura, do estoque de matéria orgânica e da estabilidade de agregados, promovendo a compactação, a erosão e, assim, a queda da produtividade (Mendes et al., 2006).

Em Alagoas, onde a principal cultura é a cana-de-açúcar é importante dar atenção ao manejo de solo desta cultura. O sistema de colheita por cana queimada produz grandes impactos ambientais, como eliminação da biomassa presente na superfície e aumento da concentração de gases do efeito estufa na atmosfera, contribuindo assim com o aquecimento global e com a diminuição da matéria orgânica no solo (SOUZA et al., 2005).

Segundo a Embrapa (2009) a colheita de cana crua elimina a emissão dos gases CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O proveniente da queima, que totalizam 1.719 quilos CO<sub>2</sub> equivalente por hectare, mas também reduz a emissão derivada de outras fontes como, por exemplo, as emissões associadas a mão-de-obra. Em compensação a máquina colhedora de cana corta 70 toneladas de cana por hora, mas consome 40 litros de diesel no mesmo período. Na colheita, a queima da cana é responsável por grandes emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, que totalizam 982,3 kg e 195,3 kg de equivalentes do CO<sub>2</sub>.

A matéria orgânica do solo (MOS) é uma fonte de alimentos para a fauna do solo e contribui para a biodiversidade deste, agindo como reservatório de nutrientes como o nitrogênio, o fósforo e o enxofre; constitui o principal fator da fertilidade do solo. Adicionalmente, o carbono orgânico é um elemento essencial da estrutura do solo, melhorando o ambiente físico para a penetração das raízes.

A MOS é um componente fundamental da capacidade produtiva dos solos, por causa dos seus efeitos sobre a disponibilidade de nutrientes, a capacidade de troca de cátions do solo, a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, a agregação, a infiltração, a retenção de água, a aeração e a atividade e biomassa microbiana. Desse modo, na adoção de sistemas de manejo deve ser levada em consideração, entre outros aspectos, seus efeitos sobre os teores de MOS (MIELNICZUK, 2008).

O estudo da matéria orgânica em seus diversos compartimentos, bem como sua relação com o manejo, visa desenvolver estratégias para utilização sustentável dos solos, com

vistas a reduzir o impacto das atividades agrícolas sobre o ambiente. Pequenas alterações no total de matéria orgânica ou carbono do solo são dificilmente detectáveis em curto prazo, em parte, porque a variabilidade natural desses atributos do solo é geralmente elevada. Por isso, compartimentos da matéria orgânica (MO) ou do carbono (C) do solo, mais sensíveis ao manejo, podem ser utilizados como indicadores de mudanças na dinâmica do compartimento orgânico, como, por exemplo, frações de carbono orgânico do solo (ANDRADE et al., 2005).

Parte dessa MOS é composta pela matéria orgânica leve (MOL), que é uma fração ativa no solo, constituída por resíduos orgânicos parcialmente humificados em vários estádios de decomposição, com tempo de residência no solo que varia de um a cinco anos (JANZEN et al., 1992). Além de ser constituída, principalmente, de partes de plantas, ela pode apresentar resíduos de animais e microrganismos em diversos estádios de decomposição (Pereira et al., 2010).

Estoques de C e N na fração leve da MOS aumentaram na superfície (0-10 cm) do solo cultivado com eucalipto após a pastagem, porém a mudança no uso não influenciou no estoque de C na biomassa microbiana do solo com o aumento do tempo de cultivo (LIMA et al., 2006). No entanto, pastagens mais produtivas (maior produção de fitomassa) podem possibilitar incrementos no teor de C nas frações mais lábeis e recalcitrantes na MOS e nos teores de N no solo.

O volume de matéria orgânica do solo (MOS) é determinado a partir do equilíbrio entre a entrada de matéria orgânica ao solo e saída de CO<sub>2</sub>. A ciclagem da MOS é controlada por taxas de deposição, decomposição e renovação dos resíduos, que ocorrem de forma dinâmica (MULVANEY et al., 2010).

Em trabalho de revisão, em que foram envolvidos solos de diversas partes do mundo (GUO e GIFFORD et al., 2002) não observaram, de maneira geral, mudanças no estoque de C orgânico do solo quando foi substituída a mata nativa por eucalipto. Mendham et al. (2004) também não observaram diferença na concentração de C orgânico do solo ao comparar plantios de *Eucalyptus globulus* com idade de 11614 anos com pastagem na Austrália. No entanto, esses autores observaram que a concentração de C da matéria orgânica particulada foi maior no solo sob eucalipto, em virtude da maior deposição de resíduo orgânico por essa cultura, podendo ser usada como indicadora mais sensível à mudança de uso do solo (WU et al., 2004). Leite (2001) encontrou menores teores de C orgânico total (COT) no solo sob eucalipto (após três ciclos de cultivo) em relação ao solo sob mata nativa na região do Vale do Rio Doce-MG.

No Brasil, a maior área de florestas plantadas é constituída pelo eucalipto, que, além do suprimento de madeira, contribui para o sequestro de CO<sub>2</sub> da atmosfera. Todavia, há pouca informação sobre a dinâmica da MOS nos solos sob cultivo de eucalipto no Brasil e como elas se comparam com outros sistemas de uso da terra. É provável que o estoque de C do solo das formações vegetais se relacione positivamente com sua produtividade primária. A redução da MOS pode comprometer a sustentabilidade da produção florestal em razão de seu efeito em processos relacionados à disponibilidade de água e de nutrientes para as plantas (NAMBIAR, 1999).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudo e amostragem do solo

A área de estudo localiza-se no município de Atalaia, Zona da Mata Alagoana, na propriedade do grupo Agropecuária Albuquerque, e está a 09° 26' 56.66" S e 036° 00' 30.80" W, com temperatura média de 27°C. De acordo com a classificação de Köppen, toda a metade oriental do estado possui clima do tipo Asø ou seja, tropical e quente, com precipitação pluviométrica de outono/inverno, entre 1.000 mm a 1.500 mm. O solo da área de estudo é um LATOSSOLO Amarelo.

No total, quatro ambientes foram selecionados para o estudo: i) área cultivada com cana-de-açúcar (Cana) por aproximadamente 20 anos sempre com o sistema de colheita manual e despalha a fogo, a qual foi usada como área de referência do estudo; ii) área cultivada com eucalipto a um ano (E1); iii) área cultivada com eucalipto a três anos (E3); iv) área cultivada com eucalipto a seis anos (E6). Todas as áreas de eucalipto são provenientes da conversão de cana-de-açúcar, e são adjacentes a área de referência, conforme pode ser observado na Figura 1.

As áreas de eucalipto foram preparadas com calagem, posteriormente foi passada a grade aradora para incorporação do calcário, em seguida subsolagem profunda de 80-1,0m, com máquina acoplada já incorporando o fósforo; plantadas com mudas clonadas em covas, e adubação de cobertura com nitrogênio e potássio 15 dias após o plantio com espaçamento 3,5x 2,5m, as mudas foram adquiridas do estado de Espírito Santo de clones 224 e 1407.

As amostras de solo foram coletadas nos meses de junho e julho de 2015 em cada área selecionada. Cinco trincheiras de 90 cm de profundidade foram abertas aleatoriamente e consideradas como repetições. Em cada trincheira foram coletadas amostras nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80 cm de profundidade.

**Figura 1.** Distribuição espacial dos ambientes avaliados na área de estudo. Cana; E1: Eucalipto 1 ano; E3: Eucalipto com 3 anos e E6: Eucalipto com 6 anos.



Fonte: Google maps 2017

### 3.2. Variáveis analisadas

#### 3.2.1. Carbono orgânico total (COT)

As amostras de solo foram trituradas em almofariz quantificando-se o carbono por oxidação da matéria orgânica via úmida com  $K_2Cr_2O_7$  0,167 mol/L em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido pelo  $H_2SO_4$  juntamente com uma fonte externa de aquecimento. O excesso de dicromato, após a oxidação, foi titulado com solução de sulfato ferroso amoniacal  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  0,5 mol/L (Yeomans & Bremner, 1988).

#### 3.2.2. Nitrogênio total (NT)

O nitrogênio total foi quantificado por meio de digestão sulfúrica, seguida de destilação de Kjeldahl, conforme método descrito por Tedesco et al. (1995). Pesou-se 0,5 g de solo, acrescentou-se 5 ml de  $H_2SO_4$  p.a. para o procedimento de digestão, seguido da destilação. O nitrogênio foi quantificado por titulação com HCl 0,02 mol/L.

### 3.2.3. Carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS)

O carbono microbiano foi determinado pelo método da irradiação-extração, utilizando o forno microondas de potência igual a 900W, conforme metodologia descrita por Islam & Weil (1998) e Ferreira et al. (1999). O extrator utilizado foi o  $K_2SO_4$   $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  e o carbono contido nos extratos foi quantificado por meio de oxidação via úmida (YEOMANS & BREMNER, 1998) sem aquecimento externo. As concentrações do  $K_2Cr_2O_7$  e do  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  utilizadas foram de  $0,066$  e  $0,003 \text{ mol L}^{-1}$ , respectivamente. O fator de conversão (Kc) usado para converter o fluxo de C para C da biomassa microbiana foi de  $0,33$  de acordo com Sparling & West (1998).

### 3.2.5. Carbono orgânico sob diferentes graus de oxidação

As frações de carbono oxidável foram obtidas utilizando-se diferentes concentrações de  $H_2SO_4$ , segundo metodologia adaptada de Chan et al. (2001). O carbono foi quantificado pela oxidação da matéria orgânica via úmida, sem aquecimento externo utilizando  $K_2Cr_2O_7$   $0,167 \text{ mol/L}$  em meio sulfúrico, seguido por titulação com  $Fe_2SO_4 \cdot 7H_2O$   $1 \text{ mol/L}$ .

A determinação foi realizada utilizando as doses de 2,5; 5 e 10 mL de  $H_2SO_4$  concentrado as quais correspondem às concentrações de 3, 6 e 9 mol/L, respectivamente, mantendo-se constante a concentração de  $K_2Cr_2O_7$  em  $0,167 \text{ mol/L}$  (10 mL) resultando em três proporções ácido-água de 0,25:1; 0,5:1 e 1:1. As quantidades de carbono orgânico determinado utilizando as diferentes doses de  $H_2SO_4$  permitiu a separação de quatro frações com diferentes graus de labilidade:

*Fração 1 (3 mol/L  $H_2SO_4$ ):* carbono orgânico oxidado dentro de 3 mol/L.

*Fração 2 (6 mol/L ó 3 mol/L  $H_2SO_4$ ):* diferença do carbono orgânico oxidável extraído entre 6 e 3 mol/L  $H_2SO_4$ .

*Fração 3 (9 mol/L ó 6 mol/L  $H_2SO_4$ ):* diferença do carbono oxidável extraído entre 9 e 6 mol/L  $H_2SO_4$ .

*Fração 4 (COT-9 mol/L  $H_2SO_4$ ):* diferença entre o carbono orgânico total e o carbono extraído com  $H_2SO_4$  9 mol/L.

### 3.2.6. Carbono mineralizável (Cmin)

Realizou-se um ensaio em laboratório para a quantificação do carbono mineralizável, através da evolução de  $CO_2$  (C- $CO_2$ ) produzido pela microbiota do solo, capturado em solução

de NaOH 0,5 N, segundo metodologia adaptada de Anderson (1982). Para isso, 50 g de solo foram acondicionadas em frascos de vidro e pré-incubadas aerobicamente por 7 dias com o objetivo de restabelecer a atividade microbiana do solo. A umidade do solo mantida a 80% da capacidade de campo. Após o período de pré-incubação das amostras, os frascos receberam 20 ml da solução de NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> acondicionados em um becker de 30 ml e em seguida foram fechados hermeticamente para a captura do CO<sub>2</sub> liberado, sendo abertos somente na ocasião da troca da solução de NaOH. Para a quantificação do C-CO<sub>2</sub> liberado, a quantidade de NaOH foi transferida para erlenmeyer de 125 ml, o qual recebeu 10 ml da solução de BaCl<sub>2</sub> 0,25 mol L<sup>-1</sup> e duas a três gotas de fenolftaleína 1%. A titulação foi realizada com solução de HCl 0,5 mol L<sup>-1</sup>, observando-se a mudança para incolor. As titulações foram realizadas a intervalos de 2, 4, 8, 13, e 23 dias.

#### 3.2.7. Densidade do solo

A densidade do solo foi determinada em cada camada de solo por meio do método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997). Os dados de densidade foram utilizados para calcular os valores de estoque de carbono do solo.

#### 3.2.8. Análise granulométrica

O método da pipeta foi o utilizado para determinação da argila e silte, com dispersão efetuada quimicamente (NaOH, 0,1 mol/L) e mecanicamente (agitação rápida), conforme (EMBRAPA, 1997).

#### 3.2.9. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a análise de variância, e as médias foram comparados pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). A avaliação do efeito da profundidade do solo foi realizada por meio de análise de regressão linear. Adicionalmente, os dados foram submetidos a análise multivariada, mais especificamente à análise de agrupamento pelo método Tocher conforme Rao (1952), aplicando-se como medida de dissimilaridade a distância Euclidiana Média.

## 4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Densidade e granulométrica

Os resultados da densidade do solo e granulométrica são apresentados na (Tabela 1). Quanto à densidade do solo, se observa diferenças significativas entre os tratamentos. Os tratamentos Cana e E1 apresentaram os maiores valores de densidade em relação aos outros tratamentos, o que pode ser um indicativo de que com o passar dos anos no cultivo de eucalipto, resultou numa densidade menor. Os valores variaram de  $1,31 \text{ g.cm}^{-3}$  nos tratamentos E6 e E1 a  $1,37 \text{ g.cm}^{-3}$ , na camada de 40-60 cm, resultando numa maior diferença significativa. A partir desta profundidade a densidade apresentou um leve acréscimo e se manteve constante entre as outras camadas. Analisando os dados de densidade do solo (Tabela 1), aparentemente existe uma tendência de redução da densidade com o passar do tempo nas áreas de eucalipto.

Souza et al. (2005) observaram maior densidade de um solo com textura média quando submetido à colheita mecanizada da cana sem queima, comparado à colheita manual e com queima.

É importante ressaltar que a densidade isoladamente pode não ser um indicador adequado de um melhor ou pior estado físico do solo, pois Schaefer et al. (2001), mostraram que um sistema de plantio direto com maior densidade do solo, apresentou uma maior conexão entre os macroporos, do que sistemas com cultivo intensivo.

Quanto aos resultados de granulométrica, os dados não apresentaram diferença significativa entre ambientes, porém entre profundidade apresentaram diferença significativa. O tratamento E3 para a variável teor de argila variou de 253,8 a 426,3  $\text{g.dm}^{-3}$  e para a variável areia variou de 352,1 a 534,8  $\text{g.dm}^{-3}$  diferindo significativamente ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos para a granulometria não foram muito variáveis e não apresentaram comportamento que pudesse ser atribuído aos efeitos dos tratamentos de manejo. Sendo assim, as diferenças observadas devem estar relacionadas principalmente a variação espacial da área do estudo. No entanto, segundo Klepker & Anghinoni (1995), alterações entre as frações granulométricas são difíceis de ocorrer e quando ocorrem são detectadas após períodos variados de uso.

**Tabela 1.** Médias de densidade e dos teores de argila, areia, e silte, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80 cm, nos diferentes tratamentos.

	Camada(cm)					
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80
Densidade g.cm <sup>-3</sup>						
Cana	1,36 a	1,31 a	1,31 a	1,35 a	1,28 a	1,36 a
E1	1,44 b	1,39 b	1,35 ab	1,28 ab	1,37 b	1,21 a
E3	1,30 a	1,25 a	1,21 a	1,26 a	1,17 a	1,23 a
E6	1,23 a	1,20 a	1,20 a	1,20 a	1,13a	1,17 a
Argila g.dm <sup>-3</sup>						
Cana	277,3 a	280,7 a	268,9 a	346,5 a	403,0 b	539,7 b
E1	308,0 a	317,0 ab	320,3 ab	385,0 ab	407,0 ab	486,0 b
E3	253,8 a	264,0 ab	278,3 abc	342,3 abc	442,0 c	426,3 bc
E6	377,0 ab	277,5 a	330,0 ab	402,0 ab	478,7 b	483,7 b
Areia g.dm <sup>-3</sup>						
Cana	616,1 b	632,9 b	574,2 b	558,9 b	427,0 a	396,6 a
E1	536,5 c	525,8 c	475,0 bc	424,1 ab	377,7 a	380,8 a
E3	534,8 c	502,4 bc	431,9 ab	397,3 a	372,8 a	352,1 a
E6	523,8 c	497,9 bc	442,7 abc	420,3 ab	372,2 a	362,8 a
Silte g.dm <sup>-3</sup>						
Cana	106,6 a	87,5 a	157,8 a	95,5 a	170,0 a	64,8 a
E1	155,5 a	157,3 a	204,6 a	190,9 a	215,3 a	133,2 a
E3	212,4 a	233,7 a	289,8 a	260,4 a	185,2 a	221,6 a
E6	99,2 a	224,6 a	227,3 a	177,7 a	150,2 a	154,5 a

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Cana, E1: Eucalipto com 1 ano, E3: Eucalipto com 3 anos, E6: Eucalipto com 6 anos de plantio em referência a cultura de cana.

Fonte: Lins (2017)

Vários são os estudos (CAMBARDELLA & ELLIOTT, 1992; SMITH et al., 2001; NEVES et al., 2003) que apontam a existência de uma correlação negativa entre o revolvimento do solo e perda de nitrogênio e carbono orgânico. É sabido que sistemas mais intensivos, favorecem a aeração e as maiores temperaturas do solo, provocando também a desagregação, expondo a matéria orgânica protegida fisicamente ao ataque microbiano, acelerando o processo de oxidação biológica. Entretanto, outros fatores estão ligados à perda da MOS, como a granulometria e mineralogia, pela formação de complexos organo - minerais mais estáveis e perdas por meio de erosão.

Segundo Mota et al. (2008), os aspectos físicos determinam o comportamento do solo como um todo, e dentre as principais características estão a granulometria, a densidade do solo, a densidade de partículas e a porosidade.

#### **4.2. Teor de Carbono do solo**

Os resultados de teor de COT variaram de 0,41 a 2,37 dag.dm<sup>-3</sup> nas camadas avaliadas do solo sob diferentes tratamentos (Tabela 2). Foi verificado decréscimo nos teores de COT em profundidade em todos os usos do solo, e menor variação destes valores conforme aumento da profundidade, o que pode ser atribuído a maior adição de resíduos na superfície do solo bem como pela natureza superficial das raízes da maioria dos vegetais (Moraes et al., 2012).

Os tratamentos Cana e E1 apresentaram os menores valores de carbono do solo para a primeira profundidade (0-10 cm) com 1,84 e 2,02 dag.dm<sup>-3</sup>, respectivamente, já os tratamentos E3 e E6 apresentaram os melhores resultados 2,37 e 2,36 dag.dm<sup>-3</sup> respectivamente. Os resultados indicam que a substituição do cultivo de cana-de-açúcar com queima da palhada por eucalipto, gerou uma recuperação nos teores de COT, sendo que tal recuperação fica mais evidente até a camada de 0-40 cm e nos tratamentos E3 e E6. Estes resultados indicam que com o passar do tempo o cultivo do eucalipto promove o ganho de C do solo (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Caldeira et al. (2002), os teores de carbono diminuíram em profundidade no perfil.

Verificou-se um maior teor de C nas camadas superficiais, o que provavelmente se deve ao aporte de material orgânico, proveniente da queda de folhas, galhos e da casca das árvores, formando a manta orgânica e a maior densidade de raízes finas, fato comum em plantações de eucalipto cultivadas em solos com baixo nível de fertilidade (NEVES, 2000; PULROLNIK et al., 2009). Esse material, somado aos resíduos da colheita, em condições favoráveis de crescimento, pode representar até 26 % do total de matéria seca produzida em plantações de eucalipto aos sete anos de idade, conforme constatou Leite (2001).

É preciso analisar uma série de aspectos próprios aos ambientes dessas vegetações e ao manejo delas. Inicialmente, a interferência realizada em área natural para implementar uma cultura, seja agrícola ou florestal, favorece a quebra dos agregados e a consequente liberação do C orgânico que estava protegido nos macroagregados, tornando-o então sujeito à perda por oxidação (LOSS et al., 2009). Após diminuição da matéria orgânica original do solo e de seu C, a mudança de vegetação sugere declínio inicial da produção de serapilheira e mudanças na

composição qualitativa da mesma, que podem aumentar ou diminuir o teor de MOS ao longo do cultivo, e a grande quantidade de tecidos ricos em material estrutural (celulose, hemicelulose e lignina) são mais resistentes à decomposição que tecidos mais pobres nesses materiais (HAAG, 1985).

Segundo (CERRI, 2008) em pesquisas de manejo de resíduos vegetais de colheita, os atributos do solo mais frequentemente avaliados são o teor de C, usado para calcular a concentração da matéria orgânica do solo (MOS), sabidamente porque ela melhora suas condições químicas, físicas e biológicas (SIX et al., 2004).

**Tabela 2.** Médias dos teores de carbono orgânico total (COT) nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80 cm, nos diferentes tratamentos.

Camada(cm)	Cana	E1	E3	E6
---- dag.dm <sup>-3</sup> ---				
0-10	1,84 a	2,02 ab	2,37 b	2,36 b
10-20	1,77 ab	1,68 a	2,15 b	2,09 b
20-30	1,48 a	1,40 a	1,77 a	1,76 a
30-40	1,19 ab	1,09 a	1,31 ab	1,51 b
40-60	1,14 ab	0,85 a	0,98 a	1,10 a
60-80	0,71 ab	0,41 a	0,92 b	0,79 ab

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Cana, E1: Eucalipto com 1 ano, E3: Eucalipto com 3 anos, E6: Eucalipto com 6 anos de plantio em referencia a cultura de cana.

Fonte: Lins (2017)

### 4.3. Estoques de Carbono do solo

Os estoques de COT apresentaram comportamento similar ao observado nos dados de teores, ou seja, os maiores valores foram nos tratamentos E3 e E6, respectivamente e os menores em E1 e Cana (Tabela3). Vale destacar, que o aumento dos estoques de C em E3 e E6 ocorreram basicamente até a profundidade de 40cm, após esta profundidade os valores na área com cana-de-açúcar se iguala ou as vezes é até superior aos valores nas áreas com eucalipto.

Considerando toda a camada de solo avaliada (80cm), as áreas E3 e E6 promoveram, respectivamente, um aumento de 13,05 e 7,22 Mg C ha<sup>-1</sup>, o que representa aumento de 12,1 e 6,7%, enquanto que eucalipto com apenas um ano (E1), resultou na redução de 5,3 Mg C ha<sup>-1</sup>, ou seja, uma perda de 4,9% do estoque de C em relação a área de Cana. A redução do estoque em E1, provavelmente se deve ao revolvimento do solo que foi realizado para implantação do eucalipto, enquanto que nos tratamentos E3 e E6 o ganho de C evidenciam que após a perda

inicial (primeiro ano), o cultivo do eucalipto nas condições do presente estudo, foi capaz de recuperar o C perdido e ainda promover um ganho substancial. A diferença entre E6 e E3, é outro aspecto que merece ser destacado, visto que o esperado era que quanto maior o tempo de cultivo com eucalipto, maior seria o acúmulo de C. Porém, E3 apresentou maior estoque de C, o que na verdade se deve a maior densidade do solo neste tratamento quando comparado a E6. É necessário, portanto, avaliar o porquê da maior densidade do solo no E3.

Dominy et al. (2002) relataram perdas de solo e nutrientes por escoamento superficial ao medirem baixa estabilidade de agregados em solo cultivado com cana sob manejo com queima na África do Sul. Graham et al. (2002) verificaram aumento na estabilidade de agregados após a supressão da queima do canavial, indicando a importância do aumento no nível da MOS. Em contrapartida, estudo realizado com Latossolo sob cerrado submetido a 21 anos de queima, Roscoe et al. (2000) observaram redução drástica dos estoques de C e N na liteira.

De acordo com Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ 2016), o país é um dos maiores produtores de floresta plantada no mundo e em 4º lugar no ranking mundial dos produtores de celulose, o Brasil possui uma área de 7,2 milhões de hectares plantadas, sendo o eucalipto com 77,8% deste total a principal cultura preconiza-se que plantações florestais de eucalipto, quando bem estabelecidas, podem fixar entre 100 e 400 t ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> durante a fase de crescimento (ECOAR, 2003).

Madeira et al. (2002), ao avaliarem as mudanças no estoque de C em plantações de *Eucalyptus globulus* com 14 anos de idade, verificaram aumento no C estocado no solo nas áreas que receberam fertilização e irrigação, especialmente na camada de 0 a 20 cm de profundidade. Os autores atribuíram esse acréscimo à maior produção de raízes finas, o que corrobora resultados de Fabião et al. (1985) e Kätterer et al. (1995). Tchienkoua & Zech (2004) também encontraram aumento no C estocado no solo em plantações de *Eucalyptus grandis* em Camarão - África, possivelmente devido à elevada relação C:N (64) da manta orgânica.

**Tabela 3.** Médias dos estoques de carbono orgânico total (COT) nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 0-80 cm, nos diferentes tratamentos

	Cana	E1	E3	E6
	Mgha <sup>-1</sup>			
0-10	25,03 c	28,51 d	30,77 e	28,97 e
10-20	23,28 c	23,14 cd	26,97 de	25,17 de
20-30	19,54 bc	19,07 bc	21,29 cd	21,07 cd
30-40	16,75 b	13,11 ab	18,19 bc	18,51 bc
40-60	13,86 ab	11,85 a	12,87 ab	12,41 ab
60-80	9,70 a	7,18 a	11,12 a	9,25a
0-80	108,16a	102,86a	121,21a	115,38a

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Cana, E1: Eucalipto com 1 ano, E3: Eucalipto com 3 anos, E6: Eucalipto com 6 anos de plantio em referencia a cultura de cana.

Fonte: Lins (2017)

#### 4.4. Teor de Nitrogênio

Os teores de Nitrogênio não diferiram entre si, nem entre tratamentos nem tão pouco entre profundidades, entretanto houve uma diminuição nos teores para E1 em relação a cultura de referência e um ganho considerável no tratamento E6, que pode ser explicado por maior tempo sem revolvimento do solo, porém na profundidade de 30-40 o tratamento E1 apresentou 0,026 dag.dm<sup>-3</sup> (14,49%) e o tratamento E6 0,075 dag.dm<sup>-3</sup> (40,75%) o aumento do N é reflexo do aporte liquido maior de resíduos orgânicos, e também serrapilheira em decomposição (Tabela 4).

Provavelmente, os resíduos vegetais depositados no solo sob os ecossistemas naturais foram constituídos principalmente por substratos orgânicos de decomposição rápida, o que não contribuiu para incrementos nos estoques de N total no solo (PULRONIK et al., 2009).

**Tabela 4.** Médias dos teores de Nitrogênio orgânico total (NT) nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80 cm, nos diferentes tratamentos

	Cana	E 1	E 3	E 6
	dag.dm <sup>-3</sup>			
0-10	0,065 a	0,048 a	0,037 a	0,087 b
10-20	0,072 a	0,024 a	0,032 a	0,083 ab
20-30	0,043 a	0,028 a	0,031 a	0,084 b
30-40	0,042 a	0,026 a	0,040 a	0,075 ab
40-60	0,040 a	0,027 a	0,045 a	0,038 ab
60-80	0,033 a	0,027 a	0,023 a	0,026 a

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Cana, E1: Eucalipto com 1 ano, E3: Eucalipto com 3 anos, E6: Eucalipto com 6 anos de plantio em referencia a cultura da cana.

Fonte: Lins (2017)

#### 4.5. Estoque de Nitrogênio total

Estudos recentes mostraram que consorciar eucaliptos com leguminosas arbóreas não prejudicou o rendimento da madeira e resultou em aumento da disponibilidade de N no solo para eucalipto (BINKLEY et al., 1992, FORRESTER et al., 2006a). Estes resultados sugerem que a implementação de tais florestas mistas pode resultar em vantagens econômicas e ecológicas significativas devido à entrada de N através da fixação biológica de nitrogênio (FORRESTER et al., 2006b).

Os resultados dos estoques de N encontrados neste estudo não diferiu significativamente entre as profundidades. Com relação aos tratamentos, o sistema E3 diferiu estatisticamente do E6, na camada 10-20 cm, os valores observados foram de 0,19 Mg ha<sup>-1</sup> no E3 e 1,00 Mg ha<sup>-1</sup> no E6. Já na camada 20-30 cm, os valores foram respectivamente 0,35 e 1,01 Mg ha<sup>-1</sup> para os sistemas E3 e E6 (Tabela 5). Os resultados de Guimarães et al., (2012) corroboram com os valores encontrados neste trabalho.

Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Rangel et al (2007) que observou poucas alterações nos estoques de NT do solo. Somente na profundidade de 20-40 cm e para o somatório dos estoques de NT foram observadas diferenças significativas entre os sistemas de uso e manejo avaliados. Os estoques de NT na camada de 0-40 cm variaram de 7,66 a 8,89 Mg ha<sup>-1</sup>. O aumento do estoque de NT nos sistemas de eucalipto está provavelmente associado ao maior volume de resíduos vegetais retornados ao solo e, também, aos maiores estoques de CO nesses sistemas (Tabela 3). O maior armazenamento de CO implica em maior disponibilidade de NT, uma vez que mais de 95 % do NT do solo está presente na forma orgânica (CAMARGO et al., 1999).

**Tabela 5.** Médias dos estoques de Nitrogênio orgânico total (NT) nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80 cm, nos diferentes tratamentos

	Cana	E 1	E 3	E 6
	Mgha <sup>-1</sup>			
0-10	0,87a	0,70 a	0,32 a	1,07 a
10-20	0,94a	0,49 a	0,19 a	1,00 a
20-30	0,57a	0,35 a	0,35a	1,01 a
30-40	0,57a	0,35 a	0,30 a	0,95 a
40-60	1,04a	0,64 a	0,64 a	0,88 a
60-80	0,90a	0,67 a	0,36 a	0,62 a
0- 80	4,89a	3,20a	2,16 a	5,53a

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Cana, E1: Eucalipto com 1 ano, E3: Eucalipto com 3 anos, E6: Eucalipto com 6 anos de plantio em referência a cultura da cana. Fonte: Lins (2017)

#### 4.6. Relação C/N

A relação C/N diminuiu conforme aumentou a profundidade em todos os tratamentos, exceto para o tratamento E6 (Tabela 6), tal fato deve-se a redução mais intensa nos teores de NT do que de COT com a profundidade, evidenciando a importância do aporte e manutenção de resíduos vegetais na superfície. Houve um aumento na relação C/N no na área mais nova com eucalipto (E1) em relação ao tratamento referência Cana, e posteriormente uma queda nessa relação nos demais tratamentos, que variou de 13,15 a 119,96. De forma semelhante ao pinus, no eucalipto também há redução da transmissão de luz ao sub-bosque do sistema, devido ao sombreamento imposto pelas árvores e que gera um microclima mais úmido e com menor variação térmica em relação ao exterior (ANDRADE et al., 2001). Na serapilheira, ocorre baixo coeficiente de decomposição, em função do alto teor de lignina e relação C/N (VIERA et al., 2013), fazendo com que o acúmulo desta apresente tendência a aumentar conforme aumento da idade do plantio (WITSCHORECK e SCHUMACHER, 2000).

**Tabela 6.** Relação C/N Carbono e Nitrogênio orgânico total (NT) nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80 cm, nos diferentes tratamentos

	CANA	E 1	E 3	E 6
0-10	28,58 a	41,68 a	62,27 a	27,13 a
10-20	24,54 a	45,31 a	66,40 a	25,19 a
20-30	34,12 a	62,36 a	56,07 a	21,46 a
30-40	28,24 a	52,15 a	31,99 a	21,02 a
40-60	28,39 a	39,43 a	21,56 a	30,23 a
60-80	21,18 a	31,43 a	38,62 a	31,84 a

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Cana, E1: Eucalipto com 1 ano, E3: Eucalipto com 3 anos, E6: Eucalipto com 6 anos de plantio em referência a cultura da cana.

Fonte: Lins (2017)

Corroboram com o trabalho de Rezende et al. (2007), em estudo comparativo de eucalipto, pastagem e mata nativa em um Latossolo, encontraram maior relação C/N no cultivo de eucalipto, na camada superior (0,00 a 0,10m), em relação aos outros sistemas, fato atribuído a um menor estágio de decomposição dos resíduos nesse sistema.

De acordo com o trabalho de Pulrolnik et al. (2009) também, os materiais com elevada relação C/N (> 25) e altos teores de lignina e polifenóis sofrem decomposição mais lenta (Myers et al., 1994). Estudos mostram que, quando os componentes de planta são mais lignificados e aromáticos, se decompõem mais lentamente, favorecendo a manutenção de substâncias orgânicas no solo (GOSZ, 1984; KUZYSKOV & DOMANSKI, 2000). A

serapilheira de eucalipto apresenta alta relação C/N, de 30 a 100, de acordo com a parte da planta estudada, Esses fatores contribuem para os incrementos nos estoques de COT e NT, principalmente nas camadas mais superficiais. A quantidade de serapilheira do eucalipto na região estudada foi considerada baixa, cerca de 13,8 t ha<sup>-1</sup>, quando comparada com a observada em outras regiões, podendo chegar a 18,1 t ha<sup>-1</sup> (KOLM & POGGIANI, 2003; MARTINS et al., 1995).

#### **4.6. Carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS)**

Apesar de não ter havido diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabela 7), observa-se que na camada superficial (0-10cm) a área com cana-de-açúcar apresentou um valor (0,089 dag.dm<sup>-3</sup>) de CBMS substancialmente maior do que as áreas de eucalipto, indicando que o ambiente de cultivo da cana-de-açúcar é mais favorável ao estabelecimento de uma maior população microbiana. Nas demais camadas os resultados oscilam, e o tratamento Cana apresenta resultados de CBMS inferiores, por exemplo, a E1 e E3.

De acordo com Maia (2004a) a biomassa microbiana do solo (BMS) representa o compartimento ativo. É considerada a fração viva da matéria orgânica que inclui bactérias, fungos, actinomicetos, algas e microfauna constituindo de 2 a 5% do carbono orgânico do solo (GAMA-RODRIGUES, 1999; TÓTOLA & CHAER, 2002). A BMS desempenha funções básicas no solo, como agente na decomposição dos resíduos vegetais, com conseqüente liberação de nutrientes e de CO<sub>2</sub>, e é também um reservatório considerável de nutrientes prontamente disponíveis para as plantas (WANDER et al., 1994; STEVENSON & COLE, 1999).

Um fator que merece destaque por influenciar a atividade da biomassa microbiana do solo é a relação C/N do substrato orgânico. A relação C/N é um indicativo da velocidade de decomposição do resíduo vegetal, sendo que quanto maior a proporção de C em relação ao N, mais lenta é a decomposição do material (Silva; Mendonça, 2007). Assim, a relação C/N também influencia a emissão de CO<sub>2</sub> do solo (RAZAFIMBELO et al., 2006).

#### **4.7. Quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) e microbiano (qMIC)**

Outra forma de avaliação da atividade dos microrganismos é o quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>), que pode ser usado como um indicador relevante na interpretação do comportamento da biomassa microbiana (BM) diante da qualidade nutricional da matéria orgânica, que está

em função da variedade dos resíduos que são incorporados e do manejo aplicado (GAMA-RODRIGUES, 1999; D'ANDRÉA ET AL., 2002; TÓTOLA & CHAER, 2002).

Os menores valores ( $p < 0,05$ ) do  $qCO_2$  foram observados no tratamento Cana basicamente em todas as camadas, a exceção foi somente na camada de 10-20 cm no tratamento E6 (Tabela 7). Os resultados demonstram que o  $qCO_2$  da Cana foi em média 42,6% inferior aos valores das áreas de eucalipto, evidenciando que apesar de uma maior população microbiana, a atividade dos microrganismos do solo sob Cana é menor do que nas áreas de eucalipto, indicando, portanto, que o ambiente do solo nas áreas de eucalipto é mais favoráveis a atividade microbiana, o que contribui para confirmar que houve uma sensível melhoria da qualidade do solo com a conversão para o eucalipto.

Os valores de  $qMic$  ( $(CBMS/COT) \cdot 100$ ) (Tabela 07) são outros parâmetros que também retratam a qualidade da MO e do equilíbrio da BM. Os resultados obtidos confirmam os encontrados para o  $qCO_2$ . Na camada de 0-10 cm, o tratamento Cana apresentou o maior índice de  $qMic$  (4,8%) e o tratamento E3 com o maior valor (6,6%) na camada de 20-30cm, porém, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Nas outras camadas não houve diferenças significativas, porém, os valores do tratamento E6 foram sempre os menores com (0,5%) na camada de 10-20cm e (1,4%) na camada de 0-10cm.

Resultados encontrados por Gama-Rodrigues et al.(2005), Barreto et al. (2008) e Gama-Rodrigues et al.(2008) sugerem que a biomassa microbiana da serapilheira de plantações de eucalipto constitui um compartimento de relevante contribuição no fornecimento de C e N, sobretudo em solos de baixa fertilidade, já que a biomassa microbiana constitui parte do C e N potencialmente mineralizável (MARUMOTO et al., 1982; BONDE et al., 1988).

A alteração de vegetação de uma área também pode transformar propriedades físicas do solo, como a umidade e temperatura. Estas propriedades influenciam na atividade biológica do solo, que atuam na decomposição da serapilheira e em consequência, no ganho ou perda de C orgânico do solo. Isto acontece, pois, a ciclagem de nutrientes e C é consequência da atividade microbiana, sendo a respiração microbiana um atributo bioquímico de alta sensibilidade para captar alterações ocorridas no ambiente. No entanto, esta é influenciada por diversos fatores no solo, na maioria sensíveis à mudança de vegetação, tais como: a umidade, a temperatura, a estrutura, a disponibilidade de nutrientes, a textura, a relação C/N, a presença de resíduos orgânicos, dentre outros (CARVALHO, 2005). A importância dos microrganismos também está relacionada com o efeito adesivo de

polissacarídeos extracelulares provindos de hifas e de bactérias, que aumentam a resistência de agregados, e assim diminuem a destruição destes (GUGGENBERGER et al., 1999).

**Tabela 7.** Médias dos teores de carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), Quociente Metabólico (qCO<sub>2</sub>) e Quociente Microbiano (qMIC) Nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30 cm, nos diferentes tratamentos.

	CANA	E 1	E 3	E 6
CBMS (dag.dm <sup>-3</sup> )				
0-10	0,089a	0,063a	0,023	0,032a
10-20	0,043a	0,073a	0,037	0,010a
20-30	0,055a	0,068a	0,082	0,046a
qCO <sub>2</sub> (mg CO <sub>2</sub> .mg Cmic <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )				
0-10	0,022a	0,037a	0,038	0,040a
10-20	0,024a	0,041a	0,036	0,021a
20-30	0,016a	0,035a	0,033	0,020a
qMIC(%)				
0-10	4,807a	2,641a	1,254a	1,392a
10-20	2,444a	3,394a	2,348a	0,490a
20-30	3,703a	3,761a	6,600a	2,662a

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Cana, E1: Eucalipto com 1 ano, E3: Eucalipto com 3 anos, E6: Eucalipto com 6 anos de plantio em referencia a cultura da cana.

Fonte: Lins (2017)

#### 4.8. Carbono Mineralizável

De acordo com Maia (2004b), o C mineralizável retrata a fração da MOS mais prontamente oxidada pela ação dos microrganismos apresentando comportamento semelhante ao carbono da biomassa do solo. Para a profundidade de 0-10 cm a maior emissão de C-CO<sub>2</sub> foi verificada no tratamento E3 com 24,1 dag.dm<sup>-3</sup> diferindo estatisticamente entre os tratamentos Cana e E6 (Tabela 8). Para a profundidade 10-20 cm a maior emissão de C-CO<sub>2</sub> foi verificada em E1 com 27,2dag.dm<sup>-3</sup> diferindo dos tratamentos Cana e E6. Para a profundidade 20-30 cm a maior emissão de C-CO<sub>2</sub> foi verificada no tratamento E3 com 24,9dag.dm<sup>-3</sup>, diferindo estatisticamente entre tratamentos dos tratamentos cana e E6 que apresentaram os menores valores de emissão de C-CO<sub>2</sub> com 10,98 e 13,4 dag.dm<sup>-3</sup> respectivamente.

Resultados semelhantes foram encontrados em trabalhos realizados por Loss (2011) o qual relata que em áreas com maior disponibilidade de MOS para a microbiota do solo

apresenta evolução de C-CO<sub>2</sub> superior ao das outras áreas. A maior liberação de CO<sub>2</sub> nas áreas florestais pode estar relacionada à constante incorporação de resíduos (de forma natural), com acúmulo de matéria orgânica, promovendo alta biomassa e, principalmente atividade biológica sobre esse material (ISLABÃO et al., 2011).

De acordo com Maia (2004c) a alta atividade biológica, no entanto, pode ser resultado tanto de um grande reservatório de C lábil, onde a decomposição é intensa, como da oxidação da MO proveniente da quebra de agregados pela ação antrópica, ou ainda, como resultado da adição momentânea de resíduos orgânicos. Desta forma, altos teores de respiração microbiana podem indicar tanto uma situação de distúrbio quanto um alto nível de produtividade do ecossistema (ISLAM & WEIL, 2000; MARCHIORI JÚNIOR & MELO, 2000).

**Tabela 8.** Médias de Carbono Mineralizável e seu respectivo desvio padrão, nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, nos diferentes tratamentos submetidos a 25°C em incubadora.

Sistema do uso do solo 25°C						
	CANA	E1	E3	E6		
0-10	14,3 a ±1,472	24,1 b ±4,248	26,1 b ±4,216	17,4 a ±1,093		
10-20	16,0 a ±1,374	27,2 b ±5,320	25,6 b ±4,861	14,2 a ±0,857		
20-30	12,8 a ±0,974	23,5 a ±4,669	24,9 b ±4,442	14,4 a ±0,724		

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Cana, E1: Eucalipto com 1 ano, E3: Eucalipto com 3 anos, E6: Eucalipto com 6 anos de plantio em referencia a cultura da cana. Fonte: Lins (2017)

#### 4.9. Carbono Oxidável

As frações de carbono orgânico (CO) extraído sob um gradiente crescente de oxidação apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos e profundidades (Tabela9).

As diferenças foram mais pronunciadas na fração mais facilmente oxidável (F1- < 3mol/L de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e nas duas primeiras camadas. Na camada de 0-10 os maiores teores de F1 foram evidenciados no tratamento E3 e no E6 com 1,288 e 1,418 dag.dm<sup>-3</sup>,diferindo estatisticamente entre si e dos demais.

Na camada de 10-20 cm (Tabela9) a participação da F1 no COT diminuiu e variou de (41,94%) no tratamento E1 a (54,77%) no tratamento E6, sendo o maior teor com (1,148 dag.dm<sup>-3</sup>) diferindo estatisticamente entre si e dos demais.

À medida que se aumenta à profundidade a participação da F1 diminui, e com consequente aumento das outras frações. Por exemplo, na camada de 0-10 cm o somatório de

F2+F3+F4 representou no tratamento E6 em torno de 39,8% do COT, enquanto que, na camada de 60-80 cm este percentual subiu para 54,34 % do COT.

Os maiores valores da F1 na camada superficial é um indicativo da maior presença de compostos orgânicos prontamente mineralizáveis (MAIA, 2004d). Sendo assim, esta fração está estreitamente relacionada com a disponibilidade de nutrientes e também com a formação dos macroagregados (>2 mm). Resultados de Chanet al. (2001) confirmam estas relações. Estes autores observaram um coeficiente de correlação de 0,86 entre a fração 1 (< 6 mol/L de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e o nitrogênio mineralizável e de 0,90 com os macroagregados do solo.

A diminuição da F1 e o aumento principalmente da F3 e da F4 com a profundidade já eram esperados e serve para indicar o crescimento dos compartimentos química e fisicamente protegidos e também reforçam a importância do aporte contínuo de resíduos vegetais na superfície (CHAN et al., 2001; MARIN, 2002).

**Tabela 9.** Médias dos teores das frações de carbono orgânico extraídas (F1, F2, F3 e F4) em um gradiente crescente de oxidação com ácido sulfúrico, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, e 60-80 cm, e nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Frações de carbono orgânico			
	F1	F2	F3	F4
	0-10 cm			
	---dag.dm <sup>-3</sup> ----			
Cana	1,001 a (54,3%)*	0,065 a (3,5%)	0,160 a (8,7%)	0,617 b (33,5%)
E1	0,979 a (48,7%)	0,299 a (14,8%)	0,276 a (13,7%)	0,457 bc (22,7%)
E3	1,288 a (50,2%)	0,231 a (9,0%)	0,300 b (11,7%)	0,748 b (29,1%)
E6	1,418 b (60,1%)	0,096 a (4,1%)	0,354 b (15,0%)	0,491 b (20,8%)
	10-20 cm			
Cana	0,773 ab (43,77%)	0,244 a (13,82%)	0,168 a (9,51%)	0,581 ab (32,90%)
E1	0,705 a (41,94%)	0,184 a (10,95%)	0,178 a (10,59%)	0,614 c (36,53%)
E3	1,040 bc (47,49%)	0,293 a (13,38%)	0,210 ab (9,59%)	0,647 b (29,54%)
E6	1,148 c (54,77%)	0,270 ab (12,88%)	0,310 ab (14,79%)	0,368 ab (17,56%)
	20-30 cm			
Cana	0,740 a (50,14%)	0,206 a (13,96%)	0,083 a (5,62%)	0,447 ab (30,28%)
E1	0,795 a (56,79%)	0,146 a (10,43%)	0,221 a (15,79%)	0,238 ab (17,00%)
E3	0,970 a (54,56%)	0,255 a (14,34%)	0,318 b (17,89%)	0,235 a (13,22%)
E6	0,940 a (51,73%)	0,366 ab (20,14%)	0,319 ab (17,56%)	0,192 ab (10,57%)

Continua...

**Tabela 10.** Médias dos teores das frações de carbono orgânico extraídas (F1, F2, F3 e F4) em um gradiente crescente de oxidação com ácido sulfúrico, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, e 60-80 cm, e nos diferentes tratamentos.

...Continuação		30-40 cm			
Cana	0,612 a (51,34%)	0,272 a (22,82%)	0,054 a (4,53%)	0,254 ab (21,31%)	
E1	0,586 a (53,42%)	0,199 a (18,14%)	0,146 a (13,31%)	0,166 ab (15,13%)	
E3	0,687 a (52,20%)	0,322 a (24,47%)	0,211 ab (16,03%)	0,096 a (7,29%)	
E6	0,835 a (52,19%)	0,351 ab (21,94%)	0,291 ab (18,19%)	0,123 ab (7,69%)	
		40-60 cm			
Cana	0,432 a (37,86%)	0,332 a (29,10%)	0,146 a (12,8%)	0,231 a (20,2%)	
E1	0,502 a (58,92%)	0,166 a (19,48%)	0,114 a (13,4%)	0,070 a (8,22%)	
E3	0,537 a (49,27%)	0,204 a (18,72%)	0,181 ab (16,6%)	0,168 a (15,41%)	
E6	0,579 a (49,70%)	0,392 b (33,65%)	0,122 a (10,5%)	0,072 a (6,18%)	
		60-80 cm			
Cana	0,351 a (49,6%)	0,065 a (9,2%)	0,064 a (9,04%)	0,228 a (32,20%)	
E1	0,306 a (51,0%)	0,057 a (9,5%)	0,073 a (12,17%)	0,164 ab (27,33%)	
E3	0,440 a (49,1%)	0,310 a (34,6%)	0,081 a (9,04%)	0,065 a (7,25%)	
E6	0,379 a (45,6%)	0,034 a (4,10%)	0,186 ab (22,41%)	0,231 b (27,83%)	

F1= > 3 mol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; F2= 6mol/l ó 3 mol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; F3= 9 mol/L ó 6 mol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; F4= COT ó 9 mol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Cana, E1: Eucalipto com 1 ano, E3: Eucalipto com 3 anos, E6: Eucalipto com 6 anos de plantio em referencia a cultura da cana.

\* Percentagem em relação ao carbono orgânico total. Fonte: Lins (2017)

#### 4.10. Resultados para profundidade do solo

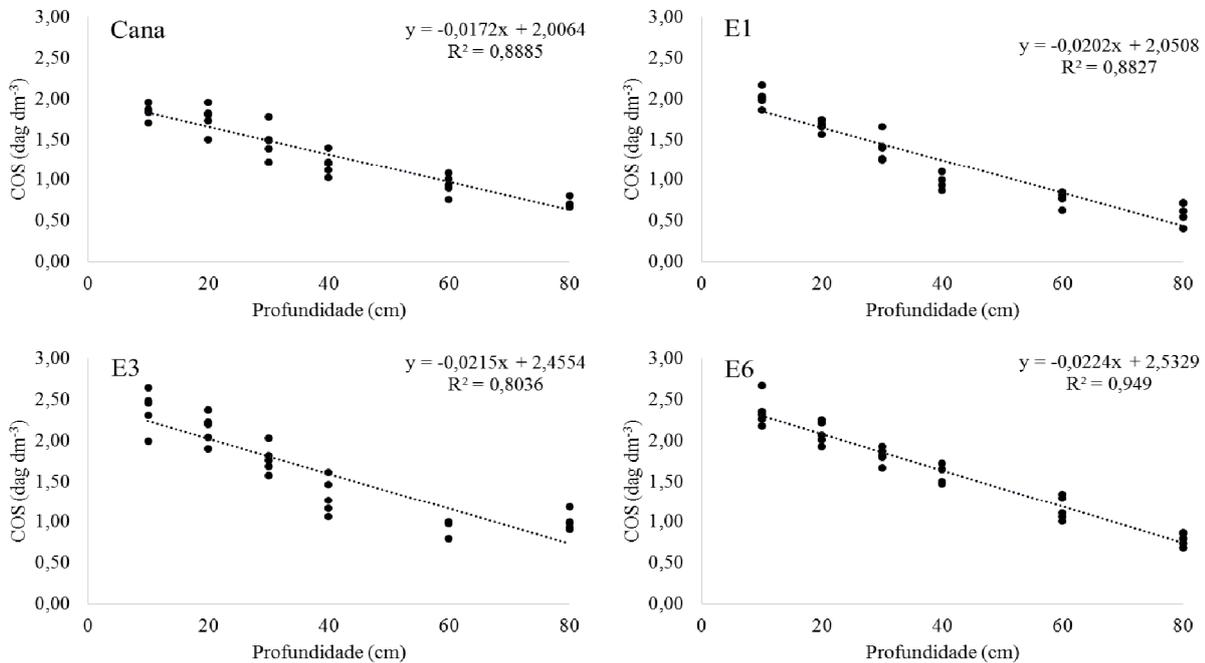
Não foram constatadas alterações significativas para às variáveis C microbiano e densidade do solo com o aumento da profundidade, ou seja, houve baixa sensibilidade dessas variáveis em detectar mudanças relacionadas aos sistemas de cultivos nas maiores profundidades. Esse resultado para a densidade do solo seguiu a tendência normal, visto que, é uma variável que não apresenta grande variação com o aumento da profundidade. Já para o C microbiano, esse comportamento seguiu comportamento contrário ao esperado, uma vez que, o normal para essa variável seria haver diminuição com o aumento da profundidade, porém tal tendência, só foi observada na área de Cana. Desta forma, esses resultados indicam que, houve uma estabilização nos sistemas cultivados com eucalipto (E1, E3 e E6), provavelmente, devido a ausência no revolvimento do solo e aumento na deposição de resíduos vegetais na serrapilheira (ANDRADE et al., 2005). Com relação às frações oxidáveis do C dos sistemas de cultivos estudados, observa-se comportamento significativo de redução nos teores de C da fração F1 com o aumento da profundidade. Nas frações F3 e F4 houve uma tendência de diminuição dos teores de C em profundidade, porém o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi muito baixo, indicando que há uma maior variação entre as repetições.

O aumento da profundidade afetou os teores COS dos sistemas de cultivo, conforme equação de regressão (Figura 2) verifica-se efeito linear decrescente, com boa capacidade preditiva  $R^2 = 0,88, 0,88, 0,80$  e  $0,94$  para os sistemas Cana, E1, E3 e E6, respectivamente. Onde, se constata que o maior valor de teor de C foi encontrado na camada 0-10 cm. Comparativamente observa-se, pelos dados expostos na Figura 2, que o teor de COS na camada 60-80 cm, foi reduzido em 52% no sistema Cana, 59% no sistema E1, e 53% nos sistemas E3 e E6 em relação à camada 0-10 cm desses sistemas.

O sistema E6 apresentou o melhor ajuste com o  $R^2 = 0,94$ , sugerindo que este ambiente (E6) tem uma distribuição mais homogênea do C em profundidade, e que houve baixa variação entre as repetições, o que provavelmente advém de um ambiente mais equilibrado e homogêneo do ponto de vista espacial.

Esses resultados estão coerentes com outros autores (CALDEIRA et al., 2002; BARRETO et al., 2008; IBIAPINA et al., 2014), esses autores encontraram decréscimos no teor de C como aumento da profundidade em plantio de eucalipto, o que sugere que as camadas mais profundas estão com menor aporte líquido de C orgânico em função da taxa de decomposição ser mais ativa nas camadas superficiais.

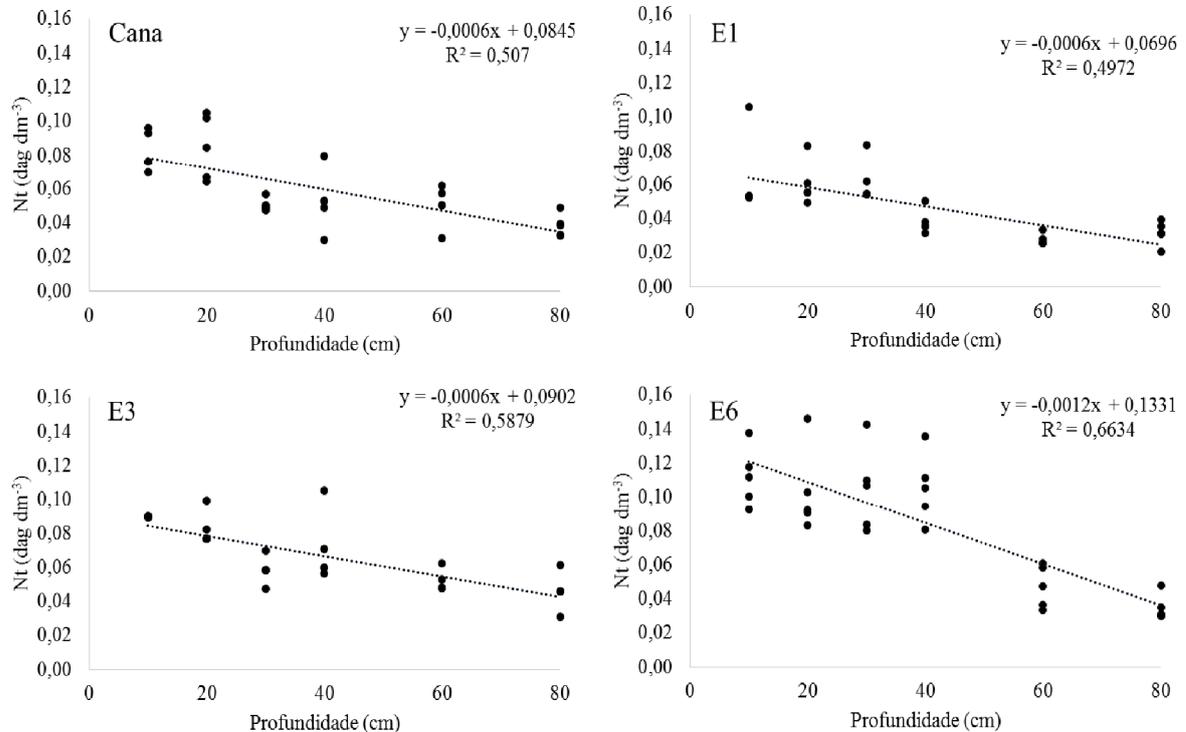
**Figura 2.** Análise de regressão do Carbono orgânico do solo



O NT apresentou decréscimos significativos com o aumento da profundidade em todos os sistemas de cultivo avaliado (Figura 3). Conforme equações de regressão houve efeito linear decrescente, sendo observado o maior valor do teor de NT na camada superficial (0-10 cm). Observou-se decréscimos de 0,71, 0,86, 0,66 e 0,90% por aumento da profundidade em relação a primeira camada nos sistemas Cana, E1, E3 e E6, respectivamente. Ou seja, o teor de NT na camada 0-10 cm, foi superior em 42,6% no sistema Cana, 51,1% no sistema E1, 39,9% no sistema E3 e 54% no sistema E6 em comparação a camada 60-80 cm desses sistemas.

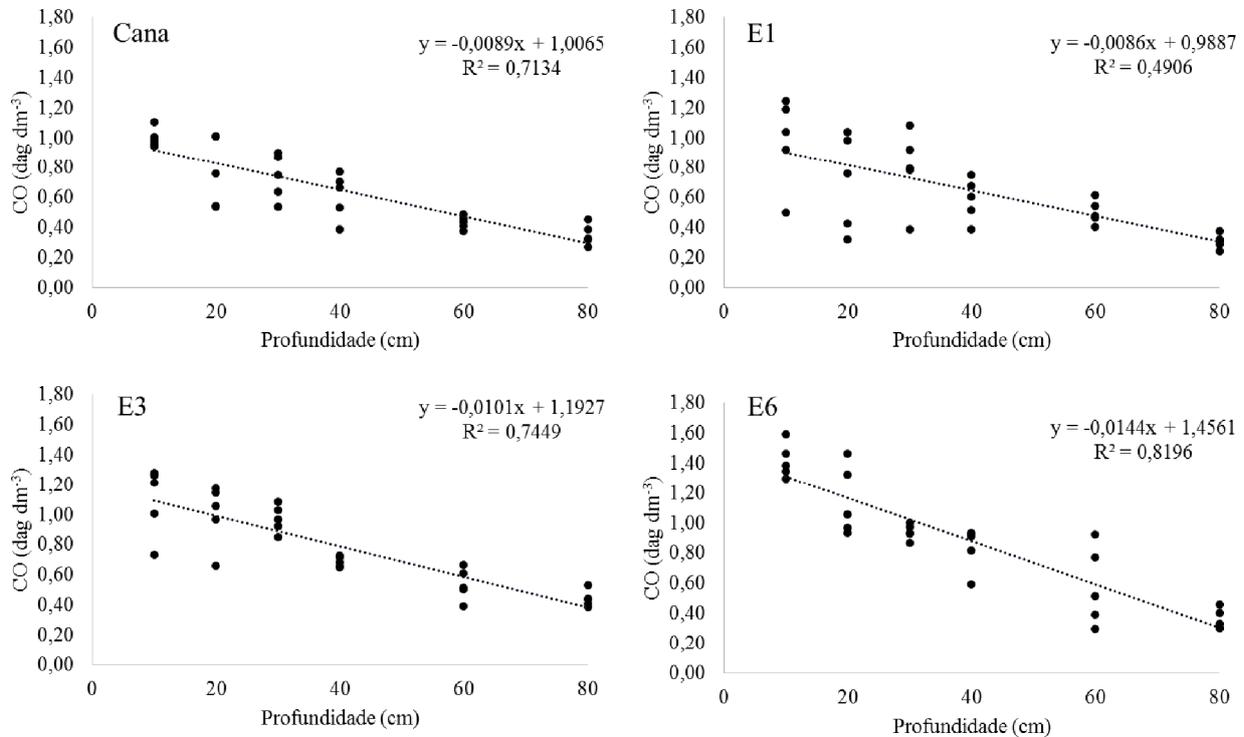
Os resultados do NT também apresentaram a tendência de reduções com o aumento da profundidade, porém, o ajuste foi inferior ao encontrado para o C. Possivelmente, esse efeito ocorreu devido à maior variabilidade do N, o qual é um elemento que apresenta maior dinâmica. No entanto, os resultados obtidos mostram que o sistema E6 apresentou melhor resultado, o que ajuda a confirmar os dados do COS.

**Figura 3.** Análise de regressão do Nitrogênio total



Quanto às frações oxidáveis do C do solo dos sistemas de cultivos avaliados, observa-se que apenas a fração F1 se ajustou as equações de regressão. Pode-se observar que as médias apresentaram ajuste linear (Figura 4). O sistema E6 apresentou boa capacidade preditiva ( $R^2 = 0,81$ ), sendo constatados nesse sistema os melhores resultados para essa variável.

Faustino (2014) encontrou comportamento semelhante para as reduções dos conteúdos de C com o aumento da profundidade. Esse autor justificou tal efeito, ao não revolvimento do solo e maior aporte de materiais vegetais sobre a superfície. O referido autor, ainda ratifica que sistemas com ausência das ações antrópicas tendem a armazenar C, já os sistemas perturbados atuam como fonte emissora de  $\text{C-CO}_2$  para a atmosfera. Os resultados de Ferreira et al. (2007) corroboram com este trabalho. Esses autores também observaram efeito linear da perda de C com a profundidade, apresentando maior taxa de redução nos sistemas com alto acúmulo de MO e ausência das práticas convencionais de manejo do solo (aração e gradagem).

**Figura 4.** Análise de regressão do C oxidável - F1

#### 4.11. Análise de agrupamento

Na tabela 10 são apresentados os grupos dos sistemas de cultivo formados a partir da técnica de agrupamento pelo método de Tocher levando em consideração todas as variáveis do estudo (físicas e químicas). O resultado da análise de agrupamento demonstrou que há uma distinção evidente entre a área com cana-de-açúcar e as com eucalipto até a profundidade de 20,0 cm, enquanto que a partir disto, o sistema de eucalipto com seis anos (E6) se distingue dos demais. Os resultados da análise de agrupamento contribuíram para reforçar os dados obtidos, demonstrando que os efeitos da adoção do eucalipto em áreas de cana-de-açúcar são evidentes nas camadas mais superficiais do solo (até 20 cm). Os resultados também sugerem que o tempo de cultivo do eucalipto está influenciando os atributos do solo resultando na distinção do sistema mais antigo (E6) do demais até a camada de 60,0 cm. Vale ressaltar, que em geral o E6 foi o sistema que apresentou os melhores indicadores, como por exemplo, substancial aumento no C e N do solo, e melhoria nas condições de agregação.

**Tabela 11.** Agrupamento dos sistemas de cultivo (cana-de-açúcar e eucalipto), pelo método de Tocher com base na distância euclidiana média, utilizando as propriedades físicas e químicas, em todas as profundidades avaliadas no estudo

<b>Camadas (cm)</b>		<b>Grupo I</b>		<b>Grupo II</b>		
0-10	Cana			E1	E3	E6
10-20	Cana			E1	E3	E6
20-30	Cana	E1	E3	E6		
30-40	Cana	E1	E3	E6		
40-60	Cana	E1	E3	E6		
60-80	Cana	E1	E6	E3		

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que a conversão do cultivo de cana-de-açúcar com colheita manual e queima para o cultivo do eucalipto foi eficiente em promover o sequestro de carbono do solo, assim como, melhorar a qualidade do mesmo por meio do aumento dos teores e estoques de matéria orgânica do solo e melhorar sua dinâmica.

O sequestro de carbono do solo na área de eucalipto mais antiga e portanto mais estável (E6), foi de  $1,21 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , valor que é substancialmente superior a conversões de sistemas convencionais de cultivo para plantio direto, mas similar a adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, indicando, portanto, que a adoção da cultura do eucalipto em Alagoas pode contribuir para promover o sequestro de carbono. No que se refere ao potencial para mitigar as emissões de gases de efeito estufa (GEE), são necessários estudos com as estimativas das emissões de todas as fontes de GEE envolvidas no sistema de produção do eucalipto.

Além do aumento dos estoques de C e também N total, sobretudo no E6, o cultivo do eucalipto a partir de áreas de cana-de-açúcar promoveu também a melhoria da dinâmica da MOS, o que pode ser expressado no aumento da fração mais leve da MOS, e na melhoria do indicador biológico  $q\text{CO}_2$  (quociente biológico) o qual sugere que existe um ambiente mais equilibrado e favorável a atividade microbiana do solo. Vale ressaltar ainda, a diminuição da densidade do solo nos tratamentos E3 e E6, a qual é mais um indicativo dos benefícios do aumento da MOS.

A análise de agrupamento contribui para confirmação da distinção entre os cultivos de cana-de-açúcar e eucalipto nas camadas superficiais, mas também demonstrou que existe uma tendência do cultivo mais antigo de eucalipto se distinguir dos demais nas camadas mais profundas, indicando que o fator temporal tem sido determinante nas mudanças dos atributos dos solos.

Portanto, os resultados apontam para uma melhoria na qualidade do solo com a adoção do eucalipto, porém, mais estudos são necessários para contemplar outras variáveis, bem como diferentes tipos de solo e clima e maior tempo de cultivo com o eucalipto.

## REFERÊNCIAS

ABURJAILE, S.B. et al. Pesquisa e caracterização da diversidade microbológica do solo, na região de São José do Buriti-MG, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa (cerrado) por plantações de eucalipto. **Ciência Equatorial**, v. 1, n.2, p. 1-18, 2011.

ANDERSON, J.P.E. Soil Respiration. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R. eds. Methods of soil analysis. II. **Chemical and Microbiological Properties**. 2. ed. Madison, Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1982. p.831-845.

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

ANDRADE, C. M. S. de et al. Fatores limitantes ao crescimento do capim-Tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na região dos Cerrados de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, Jul. 2001.

ALCÂNTARA, F. A. et al. Conversion of grassy cerrado into riparian forest and its impact on soil organic matter dynamics in an Oxisol from southeast Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 123, n. 3-4, p. 305-317, 2004.

AREVALO, L. A.; ALEGRE, J. C.; VILCAHUAMAN, L. M. **Metodologia para estimar estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. (Documentos 73).

**AGENCIA SEBRAE DE NOTÍCIAS**, Eucaliptos clonados: uma alternativa sustentável e que gera renda.

Disponível em: <http://www.al.agenciasebrae.com.br/sites/asn/uf/AL/Eucaliptos-clonados:-uma-alternativa-sustentavel-e-que-gera-renda>. Acesso em: 21/01/2017

**AGENCIA ALAGOAS**, Crise e desemprego no setor canavieiro , Disponível em <http://agenciaalagoas.al.gov.br/noticias/2015/1/crise-e-desemprego-no-setor-canavieiro-sao-desafio-afirma-secretario>. Acesso em: 15/01/2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da abraf 2012**: ano base 2011. Brasília, DF: ABRAF, 2012. 150p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário brasileiro da ABRAF**: ano base 2013. Brasília; 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS ó ABRAF. **Anuário Estatístico ABRAF 2013 ó Ano base 2012**. Brasília, 2013.

BARRETO, P. A. B. et al. Atividade, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em uma seqüência de idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 611-619, 2008.

BAYER, C. et al. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil Tillage Research**, 54:101-109, 2009.

BRAHIM, N.; BERNOUX, M.; GALLALI, T. Pedotransfer functions to estimate soil bulk density for northern Africa: Tunisia case. **Journal of Arid Environments**, v.81, p.77-83, 2012. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2012.01.012.

BENITES, V.M. et al. Pedotransfer functions for estimating soil bulk density from existing soil survey reports in Brazil. **Geoderma**, v.139, p.90-97, 2007. DOI: 10.1016/j.geoderma.2007.01.005.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS G. A. et al. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7-18.

BINKLEY, D. et al. Production and nutrient cycling in mixed plantation of Eucalyptus and Albizia in Hawaii. **For. Sci.**, 38:393-408, 1992.

BINKLEY, D. et al. First-rotation changes in soil carbon and nitrogen in a Eucalyptus plantation in Hawaii. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 68, n. 5, p. 1713-1719, 2004a.

BINKLEY, D. et al. First-rotation changes in soil carbon and nitrogen in a Eucalyptus plantation in Hawaii. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 68, n. 5, p. 1713-1719, 2004b.

BONDE, T.A.; SCHNÜRER, J. ; ROSSWALL, T. Microbial biomass as a fraction of potentially mineralizable nitrogen in soils from long-term field experiments. **Soil Biol. Biochem.**, 20:447-452, 1988.

CAMARGO, F.A.C. ET al. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G.A. ; CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.117-137.

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

CARVALHO, Fernanda de. **Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade de solo em florestas de Araucaria angustifolia** (Bert.) O. Ktze. no estado de São Paulo. 2005. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Ecologia de Agroecossistemas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V. Avaliação da eficiência nutricional de três procedências australianas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.615-620, 2002.

CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.; CERRI, C.C. Dinâmica da matéria orgânica do solo na Amazônia. In: SANTOS, G. de A. et al. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**:

ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. rev. atual. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.325-358.

CHAN, K.Y., BOWMAN, A., OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxipaleustalf under different pasture leys. **Soil Sci.**, 166: 61- 67, 2001.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Cana-de-açúcar, v.3 Safra 2016/ 2017, n.3. Terceiro levantamento, Dezembro de 2016. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_12\\_27\\_16\\_30\\_01\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_3o\\_lev\\_-16-17.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_12_27_16_30_01_boletim_cana_portugues_3o_lev_-16-17.pdf)> Acesso em: 29 janeiro 2017.

COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra**, v. 2 - Safra 2014/15, n. 11 ó Décimo primeiro levantamento, Brasília, p. 1-101, Ago. 2015. Disponível em:[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_08\\_11\\_08\\_55\\_08\\_boletim\\_graos\\_agosto\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_08_11_08_55_08_boletim_graos_agosto_2015.pdf). Acesso em: 26 nov. 2016.

DOMINY, C.S.; HAYNES, R.J. ; van ANTWERPEN, R. Loss of soil organic matter and related soil properties under long-term sugarcane production on two contrasting soils. **Biol. Fertil. Soils.**, 36:350-356, 2002.

ECOAR ó **Instituto Ecoar para Cidadania**. Efeito estufa. São Paulo, 2003. 5p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de Métodos de Análise de Solo. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos** ó 2 ed. 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. **EMBRAPA**, Produção de Informação, Brasília, 1999 b, 412 p.

FAUSTINO, F.F.**frações do carbono oxidável em solos sob diferentes leguminosas florestais no norte fluminense**. 2014. Dissertação(mestrado) Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,2014.

FERREIRA, A.S., CAMARGO, F.A.O., VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **R. Bras. Ci. Solo.**, 23: 991-996, 1999.

FREITAS, P. L. et al. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 1, p. 157-170, jan. 2000.

FORRESTER, D.I. et al. Effects of changing the supply of nitrogen and phosphorus on growth and interactions between Eucalyptus globulus and Acacia mearnsii in a pot trial. **Plant Soil**, 280:267-277, 2006a.

FORRESTER, D.I. et al. Effects of changing the supply of nitrogen and phosphorus on growth and interactions between Eucalyptus globulus and Acacia mearnsii in a pot trial. **Plant Soil**, 280:267-277, 2006b.

GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: Santos, G.A., Camargo, F.A.O (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 1ed. Porto Alegre, 1999. p. 227-243.

GAMA-RODRIGUES, E.F. et al. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **R. Bras. Ci. Solo**, 29:393-901, 2005.

GOSZ, J.R. Biological factors influencing nutrient supply in forest soils. In: BOWEN, G.D. & NAMBIAR, E.K.S., eds. **Nutrition of plantation forests**. London, Academic Press, 1984. p.119-145.

GIONGO, V. Balanço de carbono no semiárido brasileiro: Perspectivas e Desafios. In: Lima, R.C.C., Cavalcante, A.M.B., Marin, A.P. (Eds.). **Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro. Instituto Nacional do Semiárido ó INSA**, Campina Grande ó 2011, p. 115-126.

GRAHAM, M. H.; HAYNES, R. J.; MEYER, J. H. Changes in soil chemistry and aggregate stability induced by fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 53, n. 4, p.589-598, dec. 2002

GUIMARÃES, M. F. et al. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1277-1283, 2012.

GUO, L. B.; GIFFORD, M. Soilcarbon stocks andland use change: a meta analysis. **Global Change Biology**, Oxford, v. 8, n. 4, p. 345-360, Abr. 2002.

GUGGENBERGER, G. et al. Bacterial and fungal cell-wall residues in conventional and no-tillage agroecosystems. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 63:1188-1198, 1999.

HAAG, H.P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144 p.

HOUGHTON, J.T. et al. **Climate change 2001: This scientific basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 234-247p.

ISLAM, K.R. ; WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biol. Fertil. Soils.**, 27: 408-416, 1998.

ISLABÃO, G.O. et al. **Carbono da biomassa e atividade microbiana em solos cultivados com morango no município de Turuçu/RS**.

Disponível em: <[http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA/CA\\_00507.pdf](http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA/CA_00507.pdf)>. Acesso em 02 maio de 2015.

IBIAPINA, T. V. B. et al. Resistência à penetração e agregação de um latossolo amarelo sob monocultivo de soja e de eucalipto no cerrado do Piauí. **Científica**, v. 42, n. 4, p. 411-418, 2014.

INDRUSTRIA BASILEIRA DE ARVORES. **relatório Anual** 2015-2016. Disponível em: [http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2016\\_.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf)

JANZEN, H.H. et al. Light-fraction organic matter in soils from long-term crop rotations. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.1799-1806, 1992.

KUZYAKOV, Y.; DOMANSKI, G. Carbon input by plants into the soil.Review. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**,Weinheim, v.163, n. 4, p. 421-431, 2000.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

KÄTTERER, T. et al. Fine-root dynamics, soil moisture and soil carbon content in na *Eucalyptus globulus* plantation under different irrigation and fertilization regimes. **For. Ecol. Manag.**, 74:1-12, 1995.

KLEPKER, D. ; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **R. Bras. Ci. Solo.**, 19: 395-401, 1995.

KOLM, L. ; POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em plantações de E. grandis submetidas à prática de desbastes progressivos. **Sci. For.**, 63:79-93, 2003.

KUZYAKOV, Y. ; DOMANSKI, G. Carbon input by plants into the soil. **J. Plant Nutr. SoilSci.**, 163:421-431, 2000.

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

LEITE, F.P. **Relações nutricionais e alterações de características químicas de solo da Região do Vale do Rio Doce pelo cultivo do eucalipto.**72f. 2001. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, MG.

LOSS, ARCÂNGELO et al. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. Idesia. (**Arica**),Arica, Chile v. 29, n. 2, 2011.

LIMA, W. P. Impacto ambiental do eucalipto. São Paulo: **Ed USP**, 1996. 301 p.

LIMA,R.L. S. et al.Substratos para produção de mudas de mamoneira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p.474-479, 2006.

LIRA, F. J. Crise, privilégio e pobreza. Maceió: **EDUFAL**, 1997.

MAIA, S. M. F. et al. Changes in soil organic carbon storage under different agricultural management systems in the Southwest Amazon Region of Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 106, p. 177-184, 2010.

MAIA, S.M.F. **Compartimentos da matéria orgânica e perdas de solo e água em sistemas agroflorestais e convencional no trópico semi - árido cearense**. 2004. 98 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004a.

MAIA, S.M.F. **Compartimentos da matéria orgânica e perdas de solo e água em sistemas agroflorestais e convencional no trópico semi - árido cearense**. 2004. 98 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004b.

MAIA, S.M.F. **Compartimentos da matéria orgânica e perdas de solo e água em sistemas agroflorestais e convencional no trópico semi - árido cearense**. 2004. 98 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004c.

MAIA, S.M.F. **Compartimentos da matéria orgânica e perdas de solo e água em sistemas agroflorestais e convencional no trópico semi - árido cearense**. 2004. 98 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004d.

MARTINS, S.V. et al. Liberação e lixiviação de nutrientes pela queima da manta orgânica de três coberturas vegetais. **R. Árvore**, 19:149-156, 1995.

MARUMOTO, T.; ANDERSON, J.P.E. ; DOMSCH, K.H. Mineralization of nutrients from soil microbial biomass. **Soil Biol. Biochem.**, 14:469-475, 1982.

MENDES, F.G.; MELLONI, E.G.P.; MELLONI, R. Aplicação de atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá/MG. **Cerne, Lavras**, v.12, n.3, p. 211-220, jul./set.2006.

MENDHAM, D. S. et al. Soil particulate organic matter effects on nitrogen availability after afforestation with Eucalyptus globules. **Soil Biology and Biochemical**, Oxford, v. 36, n. 1, p. 1067-1074, 2004.

MIELNICZUK, J. et al. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N. et al (Eds.) Tópicos em ciência do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2003. p. 209-248. v. 3.

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

MOTA, J. C. A. ,AMARO FILHO, J.; ASSIS JÚNIOR, R. N.:. Física do solo: conceitos e aplicações. Fortaleza: **Imprensa Universitária**, 2008. 290 p.

MORAES, J. R., de. **Alterações nos atributos microbiológicos e nos estoques de carbono do solo decorrentes do cultivo de eucalipto no Bioma Pampa**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Área de conhecimento: Solos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

MULVANEY, M.J.; WOOD, C.W.; BALKCOM, K.S.; SHANNON, D.A.; KEMBLE, J.M. Carbon and nitrogen mineralization and persistence of organic residues under conservation and conventional tillage. **Agronomy Journal**, v.102, p.1425-1433, 2010.

MYERS, R.J.K. et al. The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In: WOOMER, P.L. & SWIFT, M.J., eds. **The biological management of tropical soil fertility**. New York, Wiley-Sayce Publications, 1994. p.81-112.

NAMBIAR, E.K.S. Pursuit of sustainable plantation forestry. *South. Afr. For. J.*, 184:45-61, 1999.

NEVES, C.M.N., SILVA, M.L.N., MACEDO, R.G.L. Carbono orgânico e carbono da biomassa microbiana em sistemas agrossilvipastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29. Ribeirão Preto, 2003. **Anais 1** CD-ROM. Ribeirão Preto, 2003.

PAUSTIAN, K. et al. Management options for reducing CO<sub>2</sub> emissions from agricultural soils. **Biogeochemistry**, n. 48, p.147-163, 2000.

PEDROSA, T.D. et al. Monitoramento dos Parâmetros Físico-Químicos na Compostagem de resíduos agroindustriais, **Nativa, Sinop**, v. 01, n. 01, p. 44-48, out./dez. 2013.

PEREIRA, M.G. et al. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, n. 45, p. 508-514, 2010.

PULROLNIK, K. et al. Carbon and nitrogen pools in soil organic matter under eucalypt, pasture and savanna vegetation in Brazil. **Revista Brasileira De Ciencia Do Solo**, Campinas, v. 33, n. 5, p. 1125-1136, 2009

PRYOR LD. The biology of eucalyptus. London: **Edward Arnold**; 1976. 82 p. PMCid: PMC1475213

RAZAFIMBELO, T. et al. Effect of sugarcane residue management (mulching versus burning) on organic matter in a clayey Oxisol from southern Brazil. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v.115, p.285-289, 2006.

REZENDE, M.C. et al. Estoques de carbono e nitrogênio solo e na matéria orgânica leve de solos sob eucalipto, pastagem e Mata Atlântica, na Região Centro-Leste de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOLOS, 31., 2007, Gramado, RS. **Anais...** Gramado: Programa de Pós-graduação em Agronomia da UFRGS, 2007. p.1-5.

RODIGHERI, H. R.; GRAÇA, L. R.; LIMA, M. A. de. **Indicadores de custos, produtividade, renda e créditos de carbono de plantios de eucaliptos e pinus em**

**pequenas propriedades rurais.** Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 136).

ROSCOE, R. et al. Effects of fire on soil organic matter in a cerrado *õensustrictoö* from Southeast Brazil as revealed by changes in  $^{13}C$ . **Geoderma**, Amsterdam, v. 95, n. 1-2, p. 141-160, mar. 2000.

SANTOS, F. A. A. **Crédito rural e produtividade na agricultura alagoana, 1973/94.** Maceió: jan. 1997, 71 p. Monografia (TCC em de Economia). Universidade Federal de Alagoas, 1997.

SANTOS, S.S, **O cultivo da cana de açúcar no estado de Alagoas: uma análise comparativa dos efeitos da mecanização no estado de são Paulo.** 2011. Dissertação (Mestrado). Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal de Brasília, 2011.

SANTANA, M. M. de. Contribuição à história do açúcar em Alagoas. Recife: **Museu do Açúcar**, 1970.

STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. Cycles of soils: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. 2. ed. New York: **J. Wiley**, 1999. 427 p.

SIX, J. et al. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil. Till. Res.**, n. 79, p.7-31, 2004.

SOUZA, E.D. et al. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **R. Bras. Ci. Solo**, n. 33, p.1829-1836, 2009.

SOUZA, Z.M. et al. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesq. Agropec. Bras.**, n. 40, p. 271-278, 2005.

**Sociedade Brasileira De Silvicultura (SBS).** Fatos e números do Brasil florestal. 2004.106p. Disponível em: <[www.sbs.org.br](http://www.sbs.org.br)>. Acesso em: 12 abr. 2017.

SPARLING, G.P. ; WEST. A.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Calibration in situ using microbial respiration and  $^{14}C$  labeled cells. **Soil Biol. Biochem.**, n.20, p. 337-343. 1998.

SCHAEFER, C.E.G.R. et al. Características da porosidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes sistemas de preparo do solo. **R. Bras. Ci. Solo.**, n. 25, p. 765-776, 2001.

SMITH, W.N., DESJARDINS, R.L., GRANT, B. Estimated changes in soil carbon associated with agricultural practices in Canada. **Can. J. Soil. Sci.**, v. 81, n. 2, p. 221-227, 2001.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, G. ET AL. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TCHIENKOUA, M. ; ZECH, W. Organic carbon and plant nutrient dynamics under three land uses in the highlands of West Camerron. **Agric. Ecosyst. Environ.**, n. 104, p. 673-679, 2004.

TÓTOLA, M. R. ; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ, V.H. et al. **Tópicos em ciência do solo**. v. 2. 1. Ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. P. 196-275.

UNICA ó União da Indústria de Cana-de-Açúcar. **Usina Virtual 2010**. Disponível em: <http://www.unica.com.br/usina-virtual>.

VIANA, M.C.M. et al. Production and quality of corn silage cultivated on integrated crop-livestock-forest system in a Cerrado region of Minas Gerais, Brazil. **Journal of Animal Science**, v.89, p.551-551, 2011.

VIEIRA R. da S. et al. Influência da temperatura no rendimento dos produtos da carbonização de Eucalyptus microcorys. **Cerne, Lavras**, v. 19, n. 1, p. 59-64, jan./mar. 2013.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M..A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Commun. Soil. Sci. Plant Anal.**, n.19, p. 1467-1476, 1988.

WITSCHORECK, R.; SCHUMACHER, M.V.; CALDEIRA, M.V.W. Estimating of biomass and length of fine roots in Eucalyptus urophylla S.T. Blake in the county of Santa Maria, RS. **Revista Árvore**, v.27, n.2, p.177-183, 2003.

WANDER, M. M.; BIDART, M. G. Tillage practice influences on the physical protection, bioavailability and composition of particulate organic matter. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 32, p. 360-367, 2000.

WU, T. et al. Influence of cultivation and fertilization on total organic carbon and carbon fractions in soils from the Loess Plateau of China. **Soil Till. Res.**, n.77, p. 59-68, 2004.