

**Frações do C orgânico do solo facilmente mineralizáveis em cultivos orgânico e convencional da bananeira**



ISSN 1809-5003

Novembro, 2017

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*

*Embrapa Mandioca e Fruticultura*

*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*** 89

## **Frações do C orgânico do solo facilmente mineralizáveis em cultivos orgânico e convencional da bananeira**

Fabiane Pereira Machado Dias

Francisco Alisson da Silva Xavier

Ana Lúcia Borges

Euzelina dos Santos Borges Inácio

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Cruz das Almas, BA

2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

### **Embrapa Mandioca e Fruticultura**

Rua Embrapa - s/n, Caixa Postal 007  
44380-000, Cruz das Almas, Ba  
Fone: (75) 3312-8048  
Fax: (75) 3312-8097  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

### **Unidade responsável pelo conteúdo e edição**

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Comitê de publicações da Embrapa Mandioca e Fruticultura

Presidente: *Francisco Ferraz Laranjeira Barbosa*

Secretária-executiva: *Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro*

Membros: *Áurea Fabiana Apolinário Albuquerque Gerum*

*Cícero Cartaxo de Lucena*

*Clóvis Oliveira de Almeida*

*Eliseth de Souza Viana*

*Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki*

*Leandro de Souza Rocha*

*Marcela da Silva Nascimento*

*Tullio Raphael Pereira de Pádua*

Revisão de texto: *Adriana Villar Tullio Marinho*

Normalização bibliográfica: *Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro*

Editoração: *Anapaula Rosário Lopes*

Fotos da capa: *Fabiane Pereira Machado Dias*

### **1ª edição**

Versão on-line (2017).

#### **Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Mandioca e Fruticultura

---

Frações do C orgânico do solo facilmente mineralizáveis em cultivos orgânico e convencional da bananeira / Fabiane Pereira Machado Dias... [et. al.]. – Cruz das Almas, BA : Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2017.

29 p.: il. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Mandioca e Fruticultura, ISSN 1809-5003; 89).

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF.

1. Solo. 2. Banana. 3. Agricultura orgânica. I. Dias, Fabiane Pereira Machado. II. Xavier, Francisco Alisson da Silva. III. Borges, Ana Lúcia. IV. Inácio, Euzelina dos Santos Borges. V. Título. VI. Série.

CDD 634.772

© Embrapa 2017

# Sumário

Resumo .....	5
Abstract.....	7
Introdução.....	9
Material e Métodos.....	10
Resultados e Discussão.....	16
Conclusões.....	24
Agradecimentos .....	25
Referências .....	25



# Frações do C orgânico do solo facilmente mineralizáveis em cultivos orgânico e convencional da bananeira

---

*Fabiane Pereira Machado Dias<sup>1</sup>*

*Francisco Alisson da Silva Xavier<sup>2</sup>*

*Ana Lúcia Borges<sup>3</sup>*

*Euzelina dos Santos Borges Inácio<sup>4</sup>*

## Resumo

Frações lábeis do carbono (C) orgânico do solo são aquelas mais facilmente mineralizáveis pelos microrganismos. Em função dessa natureza, estas podem ser mais sensíveis ao manejo indicando mudanças na dinâmica da matéria orgânica em curto prazo. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do manejo orgânico e convencional sobre frações lábeis do C orgânico do solo no cultivo da bananeira. O estudo foi conduzido na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura, situada no município de Cruz das Almas, Bahia. O solo estudado foi um Latossolo Amarelo distrocoeso. Foram selecionados dois sistemas de cultivo de bananeira: orgânico (ORG) e convencional (CONV). O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado, em faixas, com três repetições, em parcelas de 196 m<sup>2</sup>. A amostragem do solo foi realizada nas linhas de plantio, na projeção da copa, nas profundidades de 0,0 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m.

---

<sup>1</sup>Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA.

<sup>2</sup>Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

<sup>3</sup> Engenheira Agrônoma, D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

<sup>4</sup>Engenheira Agrônoma, D.Sc. em Ciência do Solo, docente da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA.

Para o estudo das frações lábeis da matéria orgânica foram avaliados: C orgânico dissolvido (COD), C solúvel em água quente (CSA), C lábil por hidrólise ácida (C-hid) e C orgânico facilmente oxidável (Cox). O sistema ORG proporcionou aumento significativo de 37% nos teores totais de C orgânico do solo em relação ao cultivo CONV. O sistema orgânico de produção de bananeira aumenta os teores de C orgânico e modifica a qualidade da matéria orgânica do solo. As frações C-hid e Cox respondem mais rapidamente as alterações nos teores de matéria orgânica do solo provocadas pelo manejo da adubação, por isso podem ser consideradas indicadores sensíveis para monitorar a dinâmica da matéria orgânica do solo.

**Termos para indexação:** *Musa* spp., Matéria orgânica, Conservação do solo, Labilidade, Sistemas de produção.

# **Easily mineralizable soil organic C fractions in banana cultivation under organic and conventional management**

---

## **Abstract**

Labile soil organic carbon (C) fractions are the most easily mineralizable C forms in the soil. In function of such nature, labile C fractions are considered sensitive indicators of recent alterations on soil organic matter caused by management practices. The objective of this work was to evaluate the effect of organic and conventional management of banana cultivation on the soil labile organic C fractions. The experiment was conducted in the experimental area of Embrapa Mandioca e Fruticultura, situated in the municipality of Cruz das Almas, Bahia, Brazil. The studied soil was a dystrophic cohesive Yellow Latosol of coastal plains. We selected two banana farming systems: organic (ORG) and conventional (CONV). A randomized completely design was applied with three replicates, in plots of 196 m<sup>2</sup>. Soil samples were collected in the lines of banana trees, in the projection of canopy, at 0.0-0.10 and 0.10-0.20 m depths. The follow soil C fractions were analyzed: dissolved organic carbon (DOC), water-soluble organic C (WSC), soluble C extracted by acid hydrolysis (C-hid) and readily oxidizable organic C (Cox). ORG management promoted a significant increase of 37% on soil total organic C contents in relation to CONV. The ORG cultivation of banana increases soil organic C contents and modifies soil organic matter quality. The C-hid and Cox fractions



reflected the recent changes in the soil organic matter, thus they may be considered sensitive indicators to monitoring the soil organic matter dynamics.

**Index terms:** *Musa* spp.. Organic matter. Soil conservation. Lability. Production systems.

## Introdução

Aumentos nos teores totais de matéria orgânica do solo (MOS) em função do manejo nem sempre são perceptíveis em curto prazo. Assim, estudos que avaliam a MOS em seus diferentes compartimentos em sistemas agrícolas têm se configurado como uma ferramenta interessante para avaliações de diferentes sistemas de manejo (FREIXO et al., 2002).

Envolvida nos processos físicos, químicos e biológicos, a MOS desempenha fundamental papel na sustentabilidade agrícola. A ciclagem da MOS é controlada por taxas de deposição, decomposição e renovação dos resíduos que ocorrem de forma dinâmica. Os diferentes sistemas de produção adotados nos cultivos agrícolas têm grande influência sobre seus estoques, podendo diminuir, manter ou aumentar em relação à vegetação nativa. Na degradação do solo, a perda de MOS representa o ponto de partida, influenciando diversos atributos, em uma reação em cadeia (COSTA et al., 2013; HERNANI et al., 1999; ROSCOE et al., 2006).

De modo geral, a MOS pode ser dividida em dois compartimentos: o compartimento ativo, em que predominam as frações lábeis; e o compartimento passivo, representado pelas formas mais estáveis de carbono. A fração lábil é considerada de fácil degradabilidade, composta por formas de C orgânico de alta biodisponibilidade. O compartimento passivo é composto por formas de C orgânico de elevado grau de humificação, de baixa biodisponibilidade. As frações da MOS de maior biodisponibilidade exercem influência na fertilidade do solo, uma vez que representam um compartimento cuja função é fornecer energia aos microrganismos que, a curto prazo, disponibilizam nutrientes para as plantas (GALVÃO; HERMAN, 2005).

Moreira e Malavolta (2004) destacam que a produtividade dos ecossistemas naturais e de agroecossistemas introduzidos, raramente fertilizados, depende da ciclagem dos nutrientes contidos nos resíduos orgânicos aportados na serapilheira e na MOS. Apesar de existir uma tendência de equilíbrio em solos sob vegetação natural onde os estoques de MOS não sofrem grandes variações, existe uma variabilidade das médias mensais do fluxo de CO<sub>2</sub> do solo devido à

interferência de fatores edafoclimáticos. Já nos agroecossistemas, os estoques de MOS podem ser influenciados pelas práticas de manejo (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013).

Devido à sua natureza dinâmica, frações lábeis de C apresentam respostas mais rápidas quanto às modificações nos teores de matéria orgânica em função das práticas de manejo, podendo ser consideradas indicadores sensíveis para o monitoramento das mudanças nos estoques de C orgânico do solo (HAYNES, 2005). Essa análise permite correções nas estratégias de uso e de manejo adotadas nos sistemas de produção, uma vez que cada fração pode representar diferentes velocidades de decomposição (CHAN; BOWMAN; OATES, 2001). Quando o solo não dispõe de C prontamente biodisponível em quantidades suficientes para suprir a demanda da microbiota do solo, os processos de oxidação da MOS resultam em redução dos estoques de C, o que, por consequência, dará início aos processos de degradação do solo (CAUSARANO et al., 2008).

As práticas de adubação realizadas em sistemas orgânico e convencional da bananeira influenciam diretamente os teores de C orgânico do solo. A hipótese deste estudo é que o sistema orgânico é capaz de aumentar significativamente os teores de matéria orgânica do solo em relação ao cultivo convencional, e esse aumento poderá ser melhor constatado pela análise de frações de C orgânico de maior biodisponibilidade. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto do manejo da adubação sobre frações lábeis do C orgânico do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional da bananeira.

## **Material e Métodos**

O estudo foi conduzido na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura, situada no município de Cruz das Almas, BA (12°40'0" S e 39°06'0" O, 200m de altitude), sob um Latossolo Amarelo distrocoeso com textura franco argilo arenoso (SOUZA; SOUZA, 2001), cuja caracterização físico-química está apresentada na tabela 1. O clima é do tipo tropical quente e úmido, segundo classificação de Köppen,

com pluviosidade média anual de 1.224 mm, 80% de umidade relativa e temperatura média anual de 24,5°C.

**Tabela 1.** Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m, sob cultivo de banana em sistemas de produção orgânico e convencional

Atributos	Sistema Orgânico		Sistema Convencional	
	0,0–0,10 cm	0,10–0,20 m	0,0–0,10 m	0,10–0,20 m
pH em H <sub>2</sub> O	7,0	6,7	5,3	4,9
P <sup>1</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	67,0	49,0	11,0	4,0
K <sup>1</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,24	0,20	0,38	0,21
Ca <sup>2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,24	3,50	1,23	1,02
Mg <sup>2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,81	2,74	0,68	0,60
Al <sup>2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0	0,0	0,20	0,40
H + Al <sup>3</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,73	1,43	2,90	3,45
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	7,67	6,74	2,37	1,94
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,77	8,17	5,27	5,38
V (%)	88	82	45	36
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	550	550	603	578
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	146	146	89	97
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	304	304	307	324

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases.<sup>1</sup> Extraído em Mehlich I; <sup>2</sup> Extraído em KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; <sup>3</sup> Extraído em Ca (OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>.

Foram selecionados dois sistemas de produção de bananeira: um sistema orgânico (ORG) e outro convencional (CONV). O solo da área ORG foi cultivado com banana há mais de 15 anos com produção ferti-irrigada no sistema convencional. O processo de transição para o sistema orgânico de produção iniciou-se em 2006. Nesse período, para adequação da área, realizou-se uma subsolagem e aplicaram-se 1.000 kg de gesso. Em seguida, utilizou-se arado de disco e a área permaneceu em pousio por cerca de três meses. Após esse período, foi feita uma segunda aplicação de gesso misturado com 1.000 kg de calcário, visando elevar a saturação

por bases para 70% de acordo com a análise de solo. Após a correção do solo, a área ficou em pousio por um ano. Passado esse período, foi feita uma nova subsolagem antes do plantio das bananeiras. Em setembro de 2007, foi realizado o primeiro plantio na área sob manejo orgânico. O pomar selecionado para este estudo foi implantado em agosto de 2011. O plantio foi feito em fileiras duplas com espaçamento de 4 m x 2 m x 2 m. A adubação de plantio foi realizada na cova utilizando 10 kg de composto orgânico e um quilo de fosfato natural. O composto tinha em sua composição grama, esterco bovino, torta de mamona e cinza de madeira como fonte de potássio. A caracterização do composto orgânico está apresentada na tabela 2. As adubações de cobertura foram feitas a cada 90 dias, utilizando 2,5 litros do composto por planta.

**Tabela 2.** Caracterização química do composto orgânico aplicado nas bananeiras sob cultivo orgânico, Cruz das Almas, BA

Atributos	Valor
pH, H <sub>2</sub> O	8,4
P, mg dm <sup>-3</sup>	602
K, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	10,78
Ca, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	6,21
Mg, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,97
Al, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,00
Na, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,81
H + Al, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,00
SB, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	26,91
CTC, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	26,91
V, %	100
Carbono Orgânico, g kg <sup>-1</sup>	57,89
Cu, mg dm <sup>-3</sup>	0,37
Fe, mg dm <sup>-3</sup>	3,32
Zn, mg dm <sup>-3</sup>	4,66
Mn, mg dm <sup>-3</sup>	59,18

SB: soma de bases; CTC: capacidade de trocar cátions a pH 7,0; V: saturação por bases.

A área CONV vem sendo cultivada com banana há mais de cinco anos. Nessa área, antes da instalação do pomar, também foi feita a correção do solo com calcário. A adubação mineral foi feita aplicando-se ureia e KCl como fontes de N e K, respectivamente, baseada na recomendação para a cultura de acordo com a necessidade apontada na análise de solo. Para instalação do experimento, foi aplicado 120 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  e 15 litros de esterco por cova. A aplicação de N e K foi parcelada em seis vezes com aplicações a cada 60 dias, totalizando 150 e 300 kg  $ha^{-1} ano^{-1}$  de N e K, respectivamente.

O experimento foi instalado seguindo delineamento experimental em faixas com três repetições. Delimitaram-se parcelas experimentais de 196m<sup>2</sup>, demarcando uma área total do experimento de 1.176 m<sup>2</sup>.

Em ambos os sistemas, foram coletadas amostras deformadas de solo nas linhas de plantio nas profundidades de 0,0 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m (Figura 1). Em cada parcela experimental, foram coletadas três subamostras para formar uma amostra composta em repetição. Após a coleta, as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com abertura de malha < 2,00 mm. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em temperatura ambiente até o momento das análises.

Fotos: Fabiane Pereira Machado Dias



**Figura 1.** Área experimental sob sistema orgânico de produção de banana (A e B) e amostragem de solo (C)

Os teores de carbono orgânico total do solo (COT) foram obtidos por oxidação via úmida, empregando solução de  $K_2Cr_2O_7$   $0,167 \text{ mol L}^{-1}$  em meio ácido, com fonte externa de calor (YEOMANS; BREMNER, 1988).

A obtenção da fração do C orgânico dissolvido (COD) foi realizada em solução extratora de  $K_2SO_4$   $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  com pH ajustado entre 6,5 e 6,8. Em 20 g de solo, adicionaram-se 80 mL da solução extratora. A mistura foi agitada por 30 minutos em agitador horizontal a 190 rpm e, em seguida, deixada em repouso também por 30 minutos. Após o repouso, filtrou-se o sobrenadante com papel filtro quantitativo. O teor de COD foi quantificado no filtrado por oxidação via úmida, empregando solução de  $K_2Cr_2O_7$   $0,066 \text{ mol L}^{-1}$  em meio ácido, sem aquecimento externo (WALKLEY; BLACK, 1934). O COD refere-se ao teor de C extraído das amostras não irradiadas durante a quantificação do C da biomassa microbiana, quantificado segundo Islam e Weil (1998) e Ferreira, Camargo e Vidor (1999).

A determinação dos teores de C solúvel em água (CSA) foi realizada pelo método adaptado de Ghani; Dexter e Perrott (2003). Foram pesados 10g de solo em tubos de centrífuga de 50 mL, acrescentando-se 40 mL de água destilada na relação solo-extrator 1:4. Em seguida, os tubos foram agitados por 30 minutos em agitador horizontal a 190 rpm e, posteriormente, submetidos ao aquecimento por imersão em água, em banho-maria a  $80^\circ\text{C}$ , durante 16 horas. Após o aquecimento, os tubos foram agitados em agitador vortex por 10 segundos e centrifugados por 15 minutos a 3500 rpm. Os extratos foram filtrados a vácuo em membranas com porosidade de  $0,45\mu\text{m}$  de diâmetro. Os teores de CSA foram medidos em alíquotas de 10 mL do extrato pelo método da oxidação via úmida utilizando a solução de  $K_2Cr_2O_7$   $0,167 \text{ mol L}^{-1}$  segundo método de Walkley e Black (1934).

A extração do C lábil do solo por hidrólise ácida (C-hid) foi realizada segundo método adaptado de Silveira et al. (2008). Utilizaram-se 0,8 g de TFSA em tubos de centrífuga de 50 mL, e, em seguida,

acrescentaram-se 40 mL de HCl 6 mol L<sup>-1</sup>, obtendo-se relação solo-extrato 1:50. Em seguida, os tubos foram submetidos ao aquecimento por imersão em água em banho-maria a 105°C por duas horas. Sequencialmente, o resíduo foi separado do sobrenadante por centrifugação durante 20 minutos a 3500 rpm. O excesso de HCl no resíduo foi removido por meio de três lavagens com água deionizada, realizando-se agitações de 10 minutos em agitador horizontal, seguidas de centrifugação a 3500 rpm em cada lavagem. O resíduo foi seco em estufa a 60°C, pesado e quantificados os teores de C por oxidação via úmida, utilizando a solução de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,167 mol L<sup>-1</sup>, segundo Yeomans e Bremner (1988). O método original propõe a quantificação do C no sobrenadante como sendo a fração C-hid, porém, neste estudo, o C foi quantificado no resíduo. O C-hid, portanto, foi obtido por diferença entre os teores de C-resíduo e do COT.

O C facilmente oxidável (Cox) foi obtido a partir do fracionamento do C orgânico total do solo, utilizando doses crescentes de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, segundo método adaptado de Chan, Bowman e Oates (2001). O método preconiza utilizar doses crescentes de 2,5; 5,0; 10 e 20 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> em replicatas de uma mesma amostra de solo, mantendo-se fixos a concentração e o volume do agente oxidante (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>). A fração Cox corresponde aos teores de C obtidos utilizando a menor dose de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (2,5 mL), concentração de 3 mol L<sup>-1</sup>, proposto no método supracitado. As demais frações de C obtidas no fracionamento não serão apresentadas neste estudo. A dosagem do Cox foi feita por meio de oxidação via úmida empregando solução de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,167 mol L<sup>-1</sup> (10 mL) em meio ácido, sem fonte externa de calor (WALKLEY; BLACK, 1934).

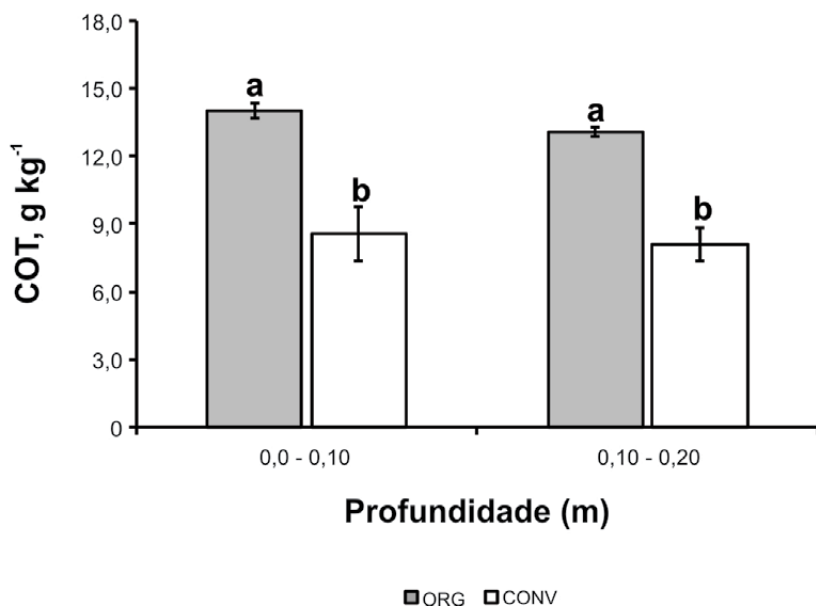
Os resultados obtidos no experimento foram submetidos à análise de correlação, variância e as médias comparadas pelo teste F, considerando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em faixas com três repetições. As análises foram realizadas com auxílio do Programa ASSISTAT 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2006).



## Resultados e Discussão

### Teores totais de carbono orgânico do solo

Os sistemas de produção afetaram significativamente os teores de COT (Figura 2). Os teores variaram de 8,10 a 14,01 g kg<sup>-1</sup> na profundidade de 0 - 0,20 m. Houve pouca variação nos teores de COT com o aumento da profundidade, demonstrando que o aporte constante de resíduos orgânicos deixados pela cultura exerce influência nos níveis de matéria orgânica, independente do sistema de produção adotado e em profundidade.



**Figura 2.** Teores de carbono orgânico total do solo nas profundidades de 0,0 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m de um Latossolo Amarelo sob sistemas orgânico (ORG) e convencional (CONV) de produção de bananeira no Recôncavo da Bahia. Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada profundidade isoladamente, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. Barras verticais representam o desvio padrão da média.

O sistema ORG aumentou significativamente os teores de COT em relação ao CONV em ambas as profundidades avaliadas. Em média, a proporção de COT do solo no cultivo ORG foi 38% maior que no CONV. Embora haja aporte de resíduos orgânicos no solo oriundos da desfolha da cultura em ambos os sistemas, a melhor resposta do sistema ORG aos teores de COT pode ser atribuída ao aporte contínuo de resíduos orgânicos via aplicação de composto orgânico na adubação. Esses resultados corroboram com os obtidos por Loss et al. (2011), que avaliaram a produção de banana em sistema agroflorestal, em que o fornecimento de nutrientes é decorrente de aporte e decomposição do material vegetal aportado pelas espécies arbóreas. Outros autores também observaram aumento nos teores de COT proporcionado pelo sistema de produção orgânico, quando comparado com o sistema convencional em curto prazo em áreas ocupadas com outras espécies frutíferas (AMARANTE et al., 2015; GUIMARÃES et al., 2014).

## **Carbono orgânico dissolvido**

Os teores de COD variaram de 40 a 81 mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 3). Não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para a interação entre sistemas de manejo e profundidade. No entanto, constatou-se que, na média geral das profundidades (0-20 cm), o sistema orgânico proporcionou maior teor de COD em relação ao sistema convencional. O aumento de COD no cultivo orgânico deve-se ao maior aporte de matéria orgânica ao solo pelas constantes adubações utilizando o composto. Observou-se que, independente do manejo, houve aumento significativo no teor de COD com a profundidade. O teor de COD na camada de 10-20 cm foi, em média, 45% maior que na camada de 0-10 cm (Tabela 3), o que sugere a ocorrência de lixiviação dessa fração para as camadas mais profundas.

**Tabela 3.** Teores de C orgânico dissolvido nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm de um Latossolo Amarelo sob sistemas orgânico e convencional de produção de banana no Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2015

Profundidade (cm)	Sistema de manejo		Média geral
	Orgânico	Convencional	
		mg kg <sup>-1</sup>	
0-10	61,0 aA	39,9 aA	50,5 b
10-20	81,3 aA	65,6 aA	73,5 a
Média geral (0-20)	71,2 A	52,8 B	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O aumento nos teores de COD em profundidade também foi observado por Luca et al. (2008). Esse comportamento pode estar relacionado à renovação de raízes em subsuperfície, transporte de resíduos pela fauna do solo ou ainda pela percolação de componentes orgânicos solúveis, uma vez que o COD representa um compartimento de alta mobilidade no solo (NEU, 2005). Alguns autores observaram que os teores de COD são mais elevados em profundidade no período chuvoso (MARQUES et al., 2012; NEU, 2005), justificados pela lixiviação do material dissolvido. LIANG et al. (2012), comparando manejo da adubação mineral e orgânica, observaram que os valores percentuais de COD em relação à COT aumentaram em profundidade independente do manejo adotado, o que pode ser atribuído ao aumento da iluviação ou lixiviação dessa fração nas camadas subsuperficiais. O COD representou de 0,4 a 0,8% do COT do solo. Segundo Haynes (2005), estudos têm demonstrado que essa fração varia em solos agrícolas entre 0,05 a 0,4% do COT. Os níveis de COD no solo são governados pelos aportes recentes e constantes de matéria orgânica no sistema (KALBITZ et al., 2000), o que pode explicar os maiores teores de COD no sistema ORG em função do aporte contínuo de composto orgânico na camada

de 0 - 0,10 m. Embora a fração COD represente apenas uma pequena proporção do COT total do solo, esta é considerada uma importante fonte de energia para os microorganismos, o que a torna fundamental para o processo de ciclagem de nutrientes no solo (GONG et al., 2009).

## Carbono solúvel em água

Não houve efeito significativo dos sistemas de produção nos teores de CSA nas profundidades avaliadas (Tabela 4). O CSA representa as formas de C que estão prontamente disponíveis no solo como fonte de energia para a biomassa microbiana. É uma fração altamente instável no solo e seu fluxo é quem determina a atividade microbiana (HAYNES, 2005). A manutenção desse compartimento se dá pelo contínuo aporte de resíduos vegetais em superfície (SOUZA; MELO, 2003), o que pode estar ocorrendo por meio da manutenção dos restos culturais das bananeiras, independente do sistema de produção adotado, fato que explica os valores semelhantes entre os sistemas avaliados, já que essa fração reflete o estágio inicial de degradação dos resíduos.

**Tabela 4.** Teores de C solúvel em água nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm de um Latossolo Amarelo sob sistemas orgânico e convencional de produção de banana no Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2015

Profundidade (cm)	Sistema de manejo		Média geral
	Orgânico	Convencional	
	mg kg <sup>-1</sup>		
0-10	890 aA	810 aA	850 a
10-20	680 aA	630 aA	660 b
Média geral (0-20)	785 A	720 A	

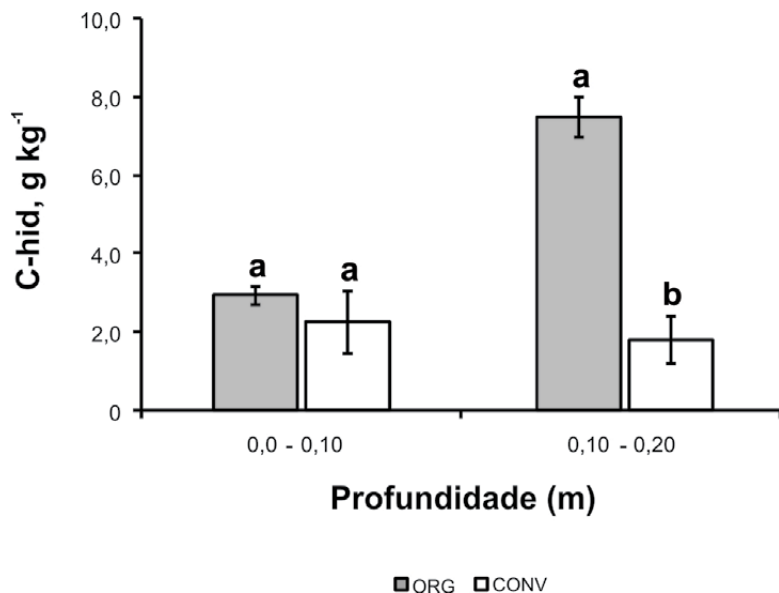
Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Observou-se um decréscimo significativo de 22% do teor de CSA na camada de 10-20 cm em relação à camada de 0-10 cm (Tabela 4). De acordo com Kalbitz et al. (2000), nos horizontes subsuperficiais, onde geralmente há um incremento no teor de argilas, o CSA tende a ser adsorvido às superfícies das partículas minerais, ocasionando baixos teores de CSA na solução do solo. O CSA representa o estágio inicial de degradação do material vegetal depositado no solo, sendo originados pela hidrólise dos materiais insolúveis (SOUZA; MELO, 2003).

Os teores de CSA encontrados no presente estudo foram bem superiores aos encontrados por Silva et al. (2011) em estudo de cultivo de bananeira em sistemas irrigados. Segundo Kalbitz et al. (2000), o aumento da concentração do CSA se dá à medida que se aumenta a atividade microbiana no solo. A determinação da respiração microbiana demonstrou alta atividade em ambas as áreas (dados não apresentados), o que corrobora com essa análise. Estudos que avaliaram diferentes frações lábeis da matéria orgânica reportam que o CSA pode ser considerado o indicador mais sensível para detectar variações em diferentes sistemas de manejo (GHANI; DEXTER e PERROTT, 2003; PESSOA et al., 2012). Ghani; Dexter e Perrott (2003) sugerem, inclusive, que esse compartimento pode substituir o método de determinação do C microbiano por ser um método mais simples e de alta correlação entre esses compartimentos.

## **Carbono lábil por hidrólise ácida**

Os teores de C-hid (Figura 3) variaram de 1,8 a 7,5 g kg<sup>-1</sup>, representando em média 57 e 22% do COT nos sistemas ORG e CONV, respectivamente. Os teores de C-hid obtidos neste estudo foram superiores aos estimados por Silveira et al. (2008), em que constataram em experimento comparando diferentes procedimentos de análise de formas lábeis de C em terras altas de zonas úmidas no Alabama, que esse compartimento representou com cerca de 18 a 32% do COT.



**Figura 3.** Teores de C lábil por hidrólise ácida (C-hid) nas profundidades de 0,0 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m de um Latossolo Amarelo sob sistemas orgânico (ORG) e convencional (CONV) de produção de banana no Recôncavo da Bahia. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras verticais representam o desvio padrão da média.

Inácio (2009), avaliando frações de carbono em diferentes sistemas de uso em um Latossolo, encontrou valores de C-hid entre 15 a 35% do COT.

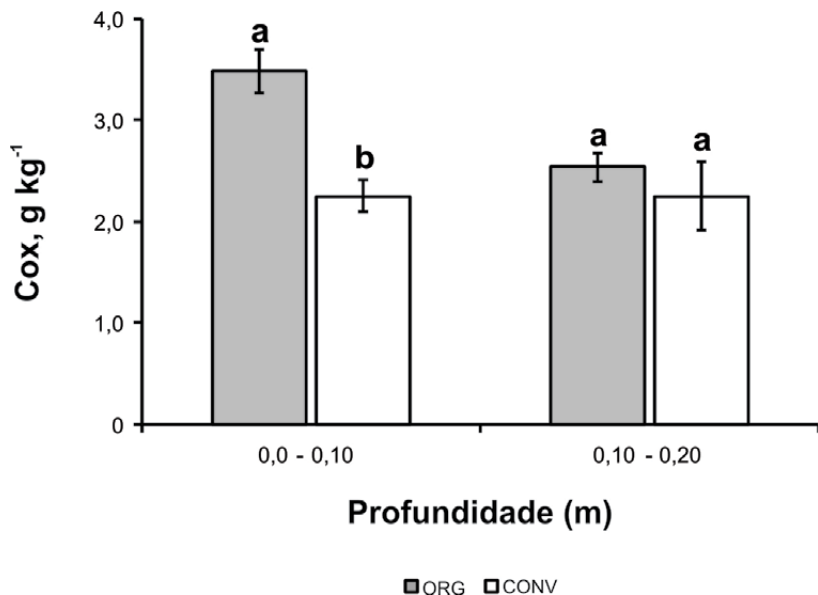
Diferenças significativas entre sistemas de manejo foram observadas somente na camada de 0,10 – 0,20 m, em que os maiores teores foram obtidos no sistema ORG. Esse aumento significativo demonstrado pelo sistema ORG nos teores de C-hid com o aumento da profundidade pode ser atribuído à maior presença de material orgânico nessa camada devido à presença de raízes finas mortas e pela liberação de exudados radiculares; ou, ainda, pela facilidade de translocação de compostos orgânicos instáveis, oriundos da adubação orgânica no sistema ORG (ROVIRA; VALLEJO, 2007).

Estudos voltados para avaliação do compartimento lábil da matéria orgânica do solo por meio do método de extração por hidrólise ácida com HCl em solos tropicais ainda são escassos na literatura. Segundo Collins et al. (2000), das técnicas existentes destinadas ao fracionamento da matéria orgânica lábil, a hidrólise ácida é uma das mais simples e seus resultados são replicáveis. De acordo com Silveira et al. (2008), o método de extração de C orgânico por hidrólise ácida origina um compartimento mais reativo, refletindo o carbono de maior biodisponibilidade do solo, sendo capaz de remover os componentes mais instáveis da matéria orgânica do solo.

## **Fração de carbono facilmente oxidável**

Os teores de Cox estão apresentados na Figura 4. Observou-se efeito significativo do manejo somente na profundidade de 0,0 - 0,10 m, em que o sistema ORG apresentou maior teor de Cox em relação ao CONV. O Cox representou entre 19 e 27% do COT do solo nas duas camadas estudadas. Essas proporções foram inferiores aos resultados obtidos por Oliveira; Oliveira; Xavier (2016), em solos do Litoral Norte da Bahia (42%). Barreto et al. (2014) encontraram valores médios da relação Cox/COT em torno de 68% em Argissolo Amarelo e Rangel et al. (2008), em Latossolos Vermelhos, observaram valores em torno de 43%.

Sistemas de manejo que adotam adubação orgânica e priorizam a manutenção de resíduos vegetais na superfície proporcionam melhor distribuição do C orgânico no solo, o que promove maior equilíbrio entre a matéria orgânica lábil e a de maior recalcitrância. A fração Cox tem, como função no solo, a disponibilização de nutrientes e a estruturação do terreno; dessa maneira, sua manutenção é essencial para a ciclagem de nutrientes no sistema (LOSS et al., 2010).



**Figura 4.** Teores de carbono facilmente oxidável (Cox) nas profundidades de 0,0 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m de um Latossolo Amarelo sob sistemas orgânico (ORG) e convencional (CONV) de produção de banana no Recôncavo da Bahia. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Barras verticais representam o desvio padrão da média.

Os resultados obtidos na fração Cox confirmam que no sistema ORG ocorre maior predominância dos teores de C orgânico de maior biodisponibilidade quando comparado ao sistema CONV, corroborando com os dados encontrados por Loss et al. (2014), que observaram teores de C na fração Cox no sistema CONV inferiores quando comparado com diferentes sistemas de manejo.

A diferença significativa obtida na camada de 0,0 - 0,10 m entre os sistemas de produção sugere que, no sistema CONV, somente o aporte de resíduos vegetais fornecidos pela própria cultura da bananeira não são suficientes para a manutenção do C de maior biodisponibilidade.



Os coeficientes de correlação entre os diferentes compartimentos avaliados são apresentados na Tabela 5. Somente as frações C-hid e Cox mostraram correlação positiva significativa com o COT do solo, sugerindo que essas frações podem ser utilizadas como indicadores sensíveis às mudanças nos teores de COT em função do manejo em curto prazo.

**Tabela 5.** Coeficientes de correlação entre carbono orgânico total (COT), carbono dissolvido (COD), carbono solúvel em água (CSA), carbono lábil por hidrólise ácida (C-hid) e carbono facilmente oxidável (Cox)

	COT	COD	CSA	C-hid	Cox
COT	1	0,31 ns	0,14 ns	0,62 *	0,65 *
COD	-	1	-0,23 ns	0,55 ns	0,05 ns
CSA	-	-	1	-0,21 ns	0,45 ns
C-hid	-	-	-	1	0,10 ns
Cox	-	-	-	-	1

n.s. = não significativo; \* = significativo ao nível de 5%

## Conclusões

- 1. O sistema orgânico de produção de bananeira aumenta os teores de C orgânico e modifica a qualidade da matéria orgânica do solo por favorecer incremento de C nas frações de maior biodisponibilidade.
- 2. As frações C extraído por hidrólise ácida (C-hid) e C facilmente oxidável (Cox) respondem mais rapidamente as alterações nos teores de matéria orgânica do solo provocadas pelo manejo da adubação. Essas frações podem ser consideradas como indicadores sensíveis para captar mudanças no manejo do solo.

- 3. O sistema convencional de adubação no cultivo da bananeira, que somente emprega o uso de adubos químicos, reduz os estoques e a qualidade da matéria orgânica do solo. O aumento do aporte de fontes orgânicas nesse tipo de manejo deve ser prioritário para manutenção ou recuperação da qualidade do solo.

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa de mestrado de F.P.M. Dias. À Embrapa Mandioca e Fruticultura pela infraestrutura de laboratórios oferecida e a toda a equipe de pesquisa. Ao Macroprograma 2 da Embrapa pelo financiamento do projeto (SEG 02.11.07.013.00.00).

## Referências

AMARANTE, C. V. T. et al. Atributos do solo e qualidade de frutos nos sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs no Sul do Brasil.

**Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 1, p. 99-109, 2015.

BARRETO, P. A. B. et al. Carbono das frações da matéria orgânica em solos sob plantações de eucalipto de diferentes idades. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 104, p.581-590, 2014.

CAUSARANO, H. J.; FRANZLUEBBERS, A. J.; SHAW, J. N.; REEVES, D. W.; RAPER, R. L.; WOOD, C. W. Soil organic carbon fractions and aggregation in the Southern Piedmont and Coastal Plain. **Soil Science Society of America Journal**, v.72, n. 1, p.221-230, 2008.

CHAN, K. Y; BOWMAN, A; OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture leys. **Soil Science**, v. 166, n. 2, p. 61-67, 2001.

COLLINS, H. P. et al. Soil carbon pools and fluxes in longterm corn belt agroecosystems. **Soil Biol Biochem**, v. 32, n. 2, p. 157–168, 2000.

COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. de A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 2013.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p. 991-996, 1999.

FREIXO, A. A. et al. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 2, p. 425-434, 2002.

GALVÃO, S. R. S.; HERNAN, I. Frações de carbono e nitrogênio em função da textura, do relevo e do uso do solo na microbacia do agreste em Vaca Brava (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 6, p. 955-962, 2005.

GHANI, A.; DEXTER, M.; PERROTT, K. W. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 35, n. 9, p. 1231-1243, 2003.

GONG et al. Long term manure and fertilizer effects on soil organic matter fractions and microbes under a wheat-maize cropping system in northern China. **Geoderma**, v. 149, p. 318–324, 2009.

GUIMARÃES, G. P. et al. Stocks and oxidizable fractions of soil organic matter under organic coffee agroforestry systems. **Coffee Science**, v. 9, n. 1, p. 132-141, 2014.

HAYNES, R. J. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an overview. **Advances in Agronomy**, v. 85, p. 221-268, 2005.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 145-154, 1999.

INÁCIO, **Distribuição vertical de carbono orgânico em Latossolo sob diferentes usos**. 2009. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2009.

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

KALBITZ, K. et al. Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: a review. **Soil science**, v. 165, n. 4, p. 277-304, 2000.

LIANG, Q. et al. Effects of 15 years of manure and inorganic fertilizers on soil organic carbon fractions in a wheat-maize system in the North China Plain. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 92, n. 1, p. 21-33, 2012.

LOSS, A. et al. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 1, p. 57, 2010.

LOSS, A. et al. Frações granulométricas e oxidáveis de matéria orgânica sob diferentes sistemas de uso do solo, no Paraná, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p.43-54. 2014.

LOSS, A. et al. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. **Idesia (Arica)**, v. 29, n. 2, p. 11-19, 2011.

LUCA, E. D. et al. Avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canavial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 02, p. 789-800, 2008.

MARQUES, J. D. O. et al. Variações do carbono orgânico dissolvido e de atributos físicos do solo sob diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 2, p. 611-622, 2012.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p. 1103-1110, 2004.

NEU, V. **Influência da cobertura vegetal na ciclagem de nutrientes via solução do solo na região de Manaus**. Piracicaba, 2005. (Dissertação de Mestrado)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005. 93p.

OLIVEIRA, F. E. R.; OLIVEIRA, J. M.; XAVIER, F. A. S. Changes in soil organic carbon fractions in response to cover crops in an orange orchard. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1-12, 2016.

PESSOA, P. M. A. et al. Frações de carbono orgânico de um latossolo húmico sob diferentes usos no agreste brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 97-104, 2012.

RANGEL, O. J. P. et al. Frações oxidáveis do carbono orgânico de latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 429-437, 2008.

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Ed.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p. 17-42.

ROVIRA, P.; VALLEJO, V. R. Labile, recalcitrant, and inert organic matter in Mediterranean forest soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 39, n. 1, p. 202-215, 2007.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. A. New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: **World Congress on Computers in Agriculture**; Orlando-FL-USA. **Anais...** Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006. p. 393-396.

SILVA, J. R. et al. Frações da matéria orgânica do solo em diferentes cultivos irrigados no submédio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33.. 2011. Uberlândia. **Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas**. anais... Uberlândia: SBCS: UFU: ICIAG, 2011.

SILVEIRA, M. L. et al. Characterization of soil organic carbon pools by acid hydrolysis. **Geoderma**, v. 144, n. 1, p. 405-414, 2008.

SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D. **Caracterização físico-hídrica de solos da área do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura , 2001. 56p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20).

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

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil science**, v. 37, n. 1, p. 29-38, 1934.

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



---

*Mandioca e Fruticultura*

MINISTÉRIO DA  
**AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO**



CGPE 14060