

## Atividade microbiana de solos cultivados com mandioca em sistema de policultivo

<sup>1</sup>Evander Alves Ferreira, <sup>1</sup>Cíntia Maria Teixeira Fialho, <sup>2</sup>Camila Silva Bibiano, <sup>3</sup>Renan Rodrigues Braga, <sup>3</sup>Gustavo Antônio Mendes Pereira, <sup>3</sup>Daniel Valadão Silva, <sup>1</sup>José Barbosa dos Santos

<sup>1</sup> Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, Rodovia MGT 367, Km 583, 5000, Alto da Jacuba, CEP 39100-000, Diamantina, MG, Brasil. E-mails: evanderalves@yahoo.com.br, cintiamtfialho@yahoo.com.br, jbarbosasantos@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, Av. Doutor Sylvio Menicucci, 1001, Kennedy, CEP 37200-000, Lavras, MG, Brasil. E-mails: camila.bibiano@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de Viçosa, Avenida Peter Harry Rolfs, s/n, Centro, CEP 36570.900, Viçosa, MG, Brasil. E-mails: granderenan@gmail.com, gustavogamp@hotmail.com, danielvaladaos@yahoo.com.br

**Resumo:** Os diferentes sistemas de produção podem alterar a atividade da comunidade microbiana e a taxa de decomposição dos resíduos vegetais. Nesse sentido, os sistemas de manejo do solo atuam diretamente na atividade microbiana, influenciando a decomposição dos resíduos vegetais, conseqüentemente, na sustentabilidade dos ecossistemas. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de sistemas de cultivo na atividade microbiana, em solo cultivado com mandioca nos sistemas de consórcio e monocultura. O experimento foi conduzido em área pertencente aos produtores de mandioca do distrito de Planalto de Minas em Diamantina - MG. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos basearam-se no consórcio da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), cultivar IAC-12, com o adubo verde, feijão guandu anão (*Cajanus cajan* L.), milho (*Zea mays* L.) [híbrido DKB 390 YG] e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) [IPR Eldorado] além do cultivo em monocultura da mandioca com e sem controle de plantas daninhas. Os sistemas de policulturas mostraram-se mais estáveis, com menor valor de quociente metabólico em relação a monocultura, apresentando semelhanças com relação ao sistema onde a cultura foi cultivada isoladamente sem controle de plantas daninhas, isso deve-se, provavelmente a uma maior diversidade de espécies e microbiota relacionada a estas.

**Palavras chave:** *Manihot esculenta*, Carbono da biomassa, Sistemas de consórcios

### Microbial activity of soil cultivated with cassava in intercropping system

**Abstract:** The different systems of production may change the composition of the microbial community and the rate of decomposition of plant residues. In this perspective, the systems of soil management acts directly on microbial community influencing the decomposition of residue and consequently the sustainability of ecosystems. So the purpose of this study was to evaluate the effect of cropping systems on microbiological characteristics in soil cultivated with cassava in single and intercropping system. The experiment was conducted in an area belonging to the producers of cassava in the district of the Plateau in Diamantina located in Minas Gerais. The experimental design was a randomized block with four repetitions. The treatments were based on the consortium of cassava (*Manihot esculenta*), cultivar IAC-12, with green manure, dwarf pigeonpea (*Cajanus cajan*), maize (*Zea mays*) [hybrid DKB 390 YG] and beans (*Phaseolus vulgaris*) [IPR Eldorado] besides cropping of cassava with and without weed control. The polycultures systems were more stable with lower metabolic ratio compared to monoculture, having similarities with the system where the crop was grown in single system, having similarities with respect to the system where the crop was grown alone without weed control, this is probably due to greater species diversity and microbiota related to these species.

**Keywords:** *Manihot esculenta*, Biomass carbon, Systems consortium

## Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é considerada entre todas as culturas como a de mais alta produtividade de calorias, de maior eficiência biológica como fonte de energia, além de apresentar boa adaptação a solos deficientes em nutrientes (Nassar, 2006). A cultura tem papel de destaque na indústria, alimentação humana e animal, além de nos próximos anos estar entre as principais culturas, com potencial de crescimento de área plantada no país.

O crescimento inicial lento da cultura, o grande espaçamento entre plantas, a necessidade de capinas durante os primeiros estádios de desenvolvimento da cultura e a movimentação do solo por duas vezes a cada ciclo (no plantio e na colheita) são características agrônomicas dessa cultura que podem deixar o solo descoberto e desprotegido de dois a três meses após o plantio e, conseqüentemente, provocar grandes perdas de solo e água por erosão (Azevedo et al., 2000 & Souza et al., 2006). Sendo assim, recomenda-se a utilização de sistemas de manejo conservacionistas em seus cultivos, pois além de reduzirem os problemas citados podem contribuir para melhorar a fertilidade do solo e reduzir o ataque de pragas e doenças, que são mais intensos quando o cultivo de uma única espécie é realizado sucessivamente na mesma área (Calegari, 1992).

A quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais, bem como a constituição florística nos sistemas produtivos provocam alterações na composição da comunidade microbiana, influenciando sua taxa de decomposição. Nesse sentido, os sistemas de manejo do solo atuam diretamente na persistência dos resíduos no solo, com aumento da biomassa microbiana e, conseqüentemente, na sustentabilidade dos ecossistemas (Mercante et al., 2004).

Os atributos microbiológicos são indicadores sensíveis às alterações causadas pelos sistemas de manejo utilizados, podendo indicar a qualidade do solo e suas funções relacionadas a sustentação da atividade agrícola e ambiental. Segundo Almeida et al. (2008), diferentes manejos de cobertura vegetal no cultivo do mamoeiro influenciou na respiração basal e atividade de fosfatase ácida, além de afetar a atividade e população de microorganismos em profundidade do solo.

Algumas técnicas têm-se mostrado eficientes na avaliação dos impactos dos cultivos agrícolas sobre o meio, a exemplo do emprego dos indicadores microbiológicos para averiguação da qualidade do solo. Dentre esses destacam-se a taxa respiratória (TR), a biomassa microbiana (BM) e o quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>). A TR do solo é a medida da produção de CO<sub>2</sub> resultante da atividade metabólica dos macro e microorganismos (Doran & Parkin, 1994). Assim, como comprovada a complexa relação entre microorganismos do solo e espécies vegetais num dado ecossistema (Nusslein & Tiedje, 1999, Moreira, Siqueira, 2006, Aquino & Assis, 2005) e há carência de resultados científicos sobre a avaliação de parâmetros que indiquem a qualidade do solo em cultivos consorciados. Deste modo, objetivou-se com este trabalho determinar o efeito do sistema de cultivo (consorciado e solteiro) na atividade microbiológica do solo cultivado com mandioca.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido em área pertencente aos produtores de mandioca do distrito de Planalto de Minas em Diamantina-MG, sendo o solo da área caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico. Para o preparo do solo realizou-se uma aração e uma gradagem. A análise de solo apresentou as seguintes características: pH em água de 5,80; H+Al, Ca e Mg de 6,5; 7,10 e 3,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente; P de 1,1 mg dm<sup>-3</sup>; K de 104 mg dm<sup>-3</sup>; matéria orgânica de 3,1 dag kg<sup>-1</sup>; e granulometria de 37, 32 e 31 dag kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, respectivamente. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos constaram-se do consórcio da mandioca, cultivar IAC-12, com o adubo verde, feijão guandu anão (*Cajanus cajan* L.), milho (*Zea mays* L.) (híbrido DKB 390 YG) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (IPR Eldorado) além do cultivo solteiro da mandioca com e sem controle de plantas daninhas.

O plantio da mandioca e das culturas consortes foi realizado em novembro de 2010. A mandioca foi plantada no esquema de fileiras duplas no espaçamento de 0,5 x 0,5 x 2 m e as espécies consortes semeadas entre as fileiras duplas. Optou-se pelo plantio de duas linhas de milho, cultivar AI-25, no espaçamento de 0,8 m

entre linhas e 16 plantas  $m^{-1}$ . Para o feijão (IPR Eldorado), foi cultivado 3 linhas espaçadas de 0,5 m e 15 plantas  $m^{-1}$ . E para o feijão guandu-anão, foi utilizado 3 linhas de 0,5 m na densidade de 10 plantas  $m^{-1}$ . Empregou-se uma adubação básica de acordo com análise do solo a partir do formulado 4-14-8 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) na dose de 570 kg  $ha^{-1}$  para o cultivo da mandioca e das outras espécies, sendo que, 30 dias após plantio foi realizada a adubação nitrogenada em cobertura nas culturas do milho e do feijão na dose de 100 kg de N  $ha^{-1}$ .

Aos 100 e 200 dias após o plantio foi realizada as coletas do solo em 3 pontos de cada unidade experimental e em seguida, passada em peneira com malha de 2 mm. Essas amostras tiveram a umidade ajustada para 60% da capacidade de campo; sendo posteriormente incubadas durante 15 dias em frascos hermeticamente fechados. O C-CO<sub>2</sub> liberado do solo foi carregado por fluxo contínuo de ar (isento de CO<sub>2</sub>) até outro frasco contendo 100 mL de solução de NaOH 0,25 M. Após o tempo de incubação, estimou-se o C-CO<sub>2</sub> evoluído a partir da titulação de 10 mL da solução de NaOH com solução de HCl 0,1 M. No controle da qualidade do ar carregado, utilizou-se frasco sem solo servindo como amostra “em branco” em relação às demais. A temperatura do ar da sala de incubação foi de  $25 \pm 2$  °C.

Após o período de incubação, foi determinado o carbono da biomassa microbiana (CMB), seguindo o método descrito por Vance et al. (1987), modificado por Islam e Weil (1998). Foram retiradas duas porções de solo de cada tratamento (18 g), sendo uma submetida à radiação de microondas por tempo de 60 + 60 segundos. Foram adicionados às amostras de solo 80 mL de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>. Em seguida, as amostras foram agitadas por 30 minutos em mesa agitadora horizontal, permanecendo em repouso por mais 30 minutos, para decantação. Posteriormente, a fase superior foi filtrada em papel-filtro Whatman nº 42. Foram adicionados 10 mL do filtrado em tubos digestores e a seguir adicionados os reagentes: 2 mL de solução K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,0667 mol L<sup>-1</sup>; e 10 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Após o resfriamento, a solução foi completada para 100 mL com água destilada e adicionado o indicador de difenilamina (seis gotas), procedendo em seguida à titulação com solução 0,0333 mol L<sup>-1</sup> de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> até a mudança de coloração para vermelho-tijolo. O CBM foi estimado pela diferença entre a amostra

irradiada e a não irradiada. Com a relação entre os valores de C-CO<sub>2</sub> e CBM, determinou-se o qCO<sub>2</sub>, que representa a quantidade de evolução de CO<sub>2</sub> diário por unidade de biomassa.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

## Resultados e discussão

Plantas de mandioca cultivadas na presença de plantas daninhas (testemunha sem capina) apresentaram maior CBM aos 100 dias após o plantio das manivas (DAP) em relação às plantas de mandioca cultivadas com feijão, sem, no entanto, diferir das parcelas onde a cultura foi cultivada com adubo verde (feijão guandu-anão) (Tabela 1). Isso provavelmente deve-se ao fato da presença de grande diversidade de plantas, que por meio de interação rizosférica pode ter estimulado o crescimento da microbiota. O CBM é a parte viva da matéria orgânica do solo, incluindo bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários, algas e macrofauna. A biomassa microbiana e sua atividade é um mecanismo sensível para detectar mudanças no solo devido ao manejo adotado (Batola et al., 2012). Em situação de limitação nutricional a planta pode liberar mais exsudatos radiculares, havendo estímulo da biomassa microbiana, influenciando o crescimento de bactérias e fungos que colonizam a rizosfera, os quais podem ajudar as plantas a adquirirem nutrientes (Tolove et al., 2003 & Cocking, 2003).

A determinação da liberação de CO<sub>2</sub> do solo (C-CO<sub>2</sub>) tem sido usada para avaliar a atividade geral da biomassa, destacando-se a influência do clima, as propriedades físicas e químicas do solo e as práticas agrícolas (Gama-Rodrigues, 1999). A atividade dos organismos é considerada um atributo positivo para a qualidade do solo, sendo a respiração um indicador sensível da decomposição de resíduos, do giro metabólico do carbono orgânico do solo e de distúrbios do ecossistema (Paul et al., 1999). As menores taxas respiratórias (TR) aos 100 DAP foram observadas nas parcelas onde a cultura foi cultivada juntamente com o feijão e milho, diferindo dos demais tratamentos. Não foi constatada diferença para a TR entre os tratamentos mandioca/mato e mandioca/capina (Tabela 1). De acordo com

Mielniczuk et al. (2003) sistemas agrícolas convencionais, caracterizados pelo intenso revolvimento do solo e pelo uso de elevadas

quantidades de adubos químicos e pesticidas, contribuem, mais intensamente, para as perdas de carbono orgânico do solo.

**Tabela 1** - Taxa respiratória (TR), Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) e quociente metabólico ( $qCO_2$ ) estimados a partir de amostras de solo cultivados com variedade de mandioca IAC-12 em consórcio com Adubo Verde (ADV), Feijão e Milho, e com e sem capina aos 100 dias após o plantio.

Tratamentos	CBM	Respiração (TR)	$qCO_2$
Mandioca x ADV	253,27 <b>ab</b>	419,43 <b>a</b>	0,75 <b>ab</b>
Mandioca x Feijão	74,30 <b>c</b>	171,11 <b>b</b>	1,05 <b>ab</b>
Mandioca x Milho	174,32 <b>b</b>	192,50 <b>b</b>	0,5 <b>c</b>
Mandioca sem Capina	354,47 <b>a</b>	485,83 <b>a</b>	0,66 <b>bc</b>
Mandioca com Capina	173,97 <b>b</b>	433,89 <b>a</b>	1,14 <b>a</b>
CV (%)	27.15	25.12	22.33

Médias seguidas na coluna pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Fonte:** Dados da Pesquisa

Maiores valores de  $qCO_2$  sugerem condições desfavoráveis aos organismos do solo, e menores valores indicam maior eficiência da biomassa microbiana na utilização dos recursos do ecossistema, ou seja, menos carbono (C) é perdido como  $CO_2$  e maior proporção de C é incorporada nas células microbianas (Sakamoto, Obo, 1994, Moreira & Siqueira, 2006). Neste trabalho verificou-se que as parcelas onde a mandioca foi cultivada no sistema solteiro com capina apresentou maior  $qCO_2$ , entretanto sem diferir dos tratamentos onde a cultura foi cultivada em sistema de policultivo com o adubo verde e o feijão (Tabela 1). Os menores valores para essa variável foram observados para os tratamentos mandioca/milho e mandioca/mato aos 100 DAP, assim pode-se afirmar que esses tratamentos foram os que apresentaram maior estabilidade.

Aos 200 DAP as parcelas onde a mandioca foi cultivada no sistema solteiro com e sem capina

(no mato) e mandioca em consorcio com milho apresentaram maiores valores de CBM, em relação as parcelas de mandioca que cresceram em consorcio com a cultura do feijoeiro onde esses valores foram menores (Tabela 2). É importante ressaltar que o tratamento onde a mandioca foi cultivada com adubo verde apresentou valor intermediário de CBM, tanto aos 100 quanto aos 200 DAP sem diferir dos outros tratamentos, indicando que a presença de adubo verde foi benéfica para o sistema. Valores mais elevados de CBM indicam que os nutrientes ficam imobilizados temporariamente, o que resulta em menores perdas de nutrientes no sistema solo planta (Roscoe et al., 2006). Estes resultados indicam que o cultivo do adubo verde influenciou positivamente na biomassa microbiana, inclusive pelo fato de favorecer a manutenção da umidade e de condições favoráveis.

**Tabela 2** - Carbono da Biomassa Microbiana (CBM), taxa respiratória (TR) e quociente metabólico ( $qCO_2$ ) estimados a partir de amostras de solo cultivados com variedade de mandioca IAC-12 em consórcio com Adubo Verde (ADV), Feijão, Milho, mato e capinado aos 200 dias após o plantio.

Tratamentos	CBM	Respiração (TR)	$qCO_2$
Mandioca x ADV	516,05 <b>ab</b>	363,69 <b>ab</b>	0,71 <b>b</b>
Mandioca x Feijão	426,00 <b>b</b>	291,84 <b>b</b>	0,72 <b>b</b>
Mandioca x Milho	538,30 <b>a</b>	295,59 <b>b</b>	0,54 <b>b</b>
Mandioca sem Capina	593,15 <b>a</b>	269,12 <b>b</b>	0,45 <b>b</b>
Mandioca com Capina	536,00 <b>a</b>	563,37 <b>a</b>	1,06 <b>a</b>
CV (%)	18,82	15,48	15,56

Médias seguidas na coluna pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Fonte:** Dados da Pesquisa

O tratamento onde a mandioca foi cultivada, nos sistema solteiro com capina, apresentou os maiores valores relacionados a taxa respiratória (TR) aos 200 DAP, diferindo dos demais tratamentos, exceto do tratamento onde a mandioca foi cultivada juntamente com o feijão guandu-não (Tabela 2). Altas TRs do solo podem indicar distúrbio ecológico (exemplo, aplicação de agrotóxicos) ou alto nível de produtividade do ecossistema solo (Islam & Weil, 1998).

Semelhante ao observado aos 100 DAP o  $qCO_2$  aos 200 DAP foi maior na parcela onde a cultura foi cultivada no sistema solteiro com capina, diferindo de todos os demais tratamentos (Tabela 2). Para Sakamoto e Obo (1994), solos com alto  $qCO_2$  são dominados por organismos colonizadores de crescimento rápido, refletindo em ambiente mais instável ou mais longe de seu estado de equilíbrio. Dessa forma, menor  $qCO_2$  significa maior estabilidade da biomassa microbiana. Portanto, valores maiores ou menores na relação entre carbono microbiano e carbono orgânico podem expressar a ocorrência, respectivamente, de acúmulo ou perda de carbono no solo (Balota et al., 1998). Assim sistemas mantidos sem capina e onde se cultivam mais de uma cultura de forma integrada podem contribuir para o incremento da matéria orgânica do solo. Glaeser et al. (2010) constataram que a diversidade de culturas, ou seja, onde foi cultivado o sistema café associado a banana e a acácia, favoreceram o desenvolvimento da comunidade microbiana e proporcionaram maior estabilidade ao solo.

### Conclusão

De acordo com os resultados pode-se concluir que sistemas de policultivos apresentam-se estáveis, com menor valor de quociente metabólico, em relação aos sistemas onde as culturas desenvolvem-se no sistema solteiro, apresentando semelhanças com relação ao sistema onde a cultura foi plantada isoladamente sem controle de plantas daninhas, isso se deve provavelmente devido a maior diversidade de espécies e a microbiota relacionada a estas espécies.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo auxílio financeiro ao projeto e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior pelas bolsas de estudo concedidas.

### Referências

- Aquino, A. M., & Assis, R. L., (Eds.) (2005). *Processos biológicos do sistema solo-planta* (pp. 181-200). Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica.
- Almeida, M. C. et al. (2008). Influências dos diferentes sistemas de manejo no comportamento da microbiota do solo em áreas sob cultivo de mamão na região de Cruz das Almas, BA. *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, 8 (1), 67-75.
- Azevedo, C. L. L. et al. (2000). Levantamento de plantas daninhas na cultura da mandioca, em um ecossistema semi-árido do Estado da Bahia. *Magistra*, 12 (1/2), 41-49.
- Balota, E. L. et al. (1998). Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, 22 (4), 641-649.
- Batola, E. L. et al. (2012). Soil microbial biomass under different tillage and levels of applied pig slurry. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 16 ( 5), 487-495.
- Calegari, A.(1992). Manejo de adubação verde (pp. 104-116). *Anais Encontro Nacional de Rotação de Culturas*. Campo Mourão, PR, Brasil, 2.
- Cocking, E. C. (2003). Endophytic colonization of plant roots by nitrogen-fixing bacteria. *Plant Soil*, 252, 169-175.
- Doran, J. W., Parkin, T. B (1994). Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W., Coleman,

- D.C., Bezdicek, D. F., Stewart, B. A. (Org.) *Defining soil quality for a sustainable environment* (pp3-21). Madison: USA.
- Gama-Rodrigues, E. F. (1999). 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* (pp. 9-26). Porto Alegre: Millenium.
- Glaeser, D.F. et al. (2010). Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, 14 (2), 103-114.
- Islam, K. R. & Weil, R. R. (1998). Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. *Biology Fertility of Soils*, 27 (4), 408-416.
- Mercante, F. M. (2004). *Parâmetros microbiológicos como indicadores da qualidade do solo sob sistemas integrados de produção agropecuária* (Boletim Técnico, n. 20). Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste.
- Mielniczuk, J. et al. (2003). Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: Curi, N. et al. (Ed.). *Tópicos em ciência do solo* (v.3, pp.209-248). Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Moreira, F. M. de S., & Siqueira, J. O. (2006). *Microbiologia e Bioquímica do Solo* (2.ed., 729p.) Lavras: Ufla.
- Nassar, N. M. A. (2006). Mandioca: Opção contra a fome. Estudos e Lições no Brasil e no mundo. *Ciência Hoje*, 39 (231), 30-36.
- Nusslein, K., & Tiedje, J. M. (1999). Soil bacterial community shift correlated with change from forest to pasture vegetation in a tropical soil. *Applied and Environmental Microbiology*. (pp. 3622-3644).
- Paul, E. A. et al. (1999). Evolution of CO<sub>2</sub> and soil carbon dynamics in biologically managed, row-crop agrosystems. *Applied Soil Ecology*, 11, 53-65.
- Roscoe, R., et al. (2006). Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: Roscoe, R., Mercante, F. M., & Salton, J. C. (Ed.). *Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares* (pp.163-198). Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste.
- Sakamoto, K., & Obo, Y. (1994). Effects of fungal to bacterial ratio on the relationship between CO<sub>2</sub> evolution and total soil microbial biomass. *Biol. Fert. Soils*, 17 (1), 39-44.
- Souza, L. D., Souza, L. S., & Gomes, J. C. (2006). Exigências edáficas da cultura da mandioca. In: Souza, L. S., Farias, A. R. N., Mattos, P. L. P. & Fukuda, W. M. G. (Ed.). *Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca* (pp. 70-214). Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical.
- Tolove, S. N. et al. (2003). Progress in selected areas of rhizosphere on P acquisition. *Aust J Soil Res*, 41, 471-499.
- Vance, E. D. et al. (1987). An extraction method for measuring microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 19, 703-707.

Recebido em: 12/08/2014  
Aceito em: 14/03/2016