



## Atributos químicos e atividade microbiana em solos convertidos de savana para plantios de *Acacia mangium* Willd em Roraima<sup>1</sup>

*Chemical attributes and microbial activity in soils converted to savanna for plantations of Acacia mangium Willd. in Roraima, Brazil*

José Frutuoso do Vale Júnior<sup>2</sup>, Rosalina Muniz da Silva Freitas<sup>3</sup>, Sandra Cátia Pereira Uchôa<sup>4</sup>,  
Maria Ivonilde Leitão de Sousa<sup>5</sup>, Diego Lima de Souza Cruz<sup>6</sup>

**Resumo** – A atividade microbiana tem sido empregada na avaliação de solos manejados, sendo um indicador importante na caracterização de solos alterados. Nesse sentido, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de plantios de *Acacia mangium* com diferentes idades sobre os atributos químicos e atividade microbiana em solos representativos da Savana do Estado de Roraima. Os plantios de *A. mangium* de três e cinco anos encontravam-se em áreas de LATOSSOLO AMARELO Distrófico e os de quatro e seis anos em ARGISSOLO AMARELO Distrófico. As áreas próximas aos plantios com as mesmas condições de solos e com cobertura vegetal primária (savana natural) constituíram as testemunhas. Foram amostrados os horizontes A e B sendo avaliados os atributos químicos dos solos e a atividade microbiana. A pobreza química e elevada saturação por alumínio (%m) dos solos estudados influenciaram significativamente nos menores valores de C-CO<sub>2</sub> evoluído pela atividade microbiana. A maior atividade microbiana ocorreu em áreas plantadas independentemente do tipo de solo, em função das melhores condições químicas. Os maiores valores de C-CO<sub>2</sub> evoluído correlacionaram-se melhor com os teores de carbono orgânico e matéria orgânica do solo.

Palavras-Chave - Matéria Orgânica do Solo. Florestamento. Respirometria. Sustentabilidade.

**Abstract** - Microbial activity has been used in the evaluation of soils, an important indicator in the characterization of altered soils. Therefore, this study has as aim to evaluate the effect of replacing natural vegetation to plantations of *Acacia mangium* on microbial activity in soils of savannas in Roraima state. The areas studied consisted of plantations of acacia with three and five years in Yellow Latosol with four and six years in yellow Alfisols. Areas near the plantations with the same conditions of soil and vegetation (natural savanna) were considered control. Were sampled the A and B horizons, corresponding depths 0-30 and 30-60 cm respectively, with three replications for a total of 36 experimental units. The results showed an improvement of the microbiological condition of the conversion of soils in plantations of *A. mangium*, where most microbial activity occurred in areas planted regardless of soil type, depending on the best chemical conditions, the higher values of C-CO<sub>2</sub> evolved correlated better with the levels of organic carbon and soil organic matter. The poor chemical and high aluminum saturation (m%) of soil significantly influenced the lower values of C-CO<sub>2</sub> evolved by microbial activity.

Key words - Soil Organic Matter. Forest Plantation. Respirometry. Sustainability.

\*Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 23/03/2011 e aprovado em 28/04/2011 .....

<sup>2</sup>Departamento de Solos e Engenharia Agrícola do CCA/UFRR, vale.junior@click21.com.br

<sup>3</sup>Secretaria de Agricultura Pecuária e Abastecimento do Estado de Roraima (SEAPA), rmunizsf@hotmail.com

<sup>4</sup>Departamento de Solos e Engenharia Agrícola do CCA/UFRR, scpuchoa@dsi.ufrr.br

<sup>5</sup>Prefeitura Municipal de Boa Vista, Roraima, ivonildeufr@gmail.com

<sup>6</sup>Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (POSAGRO - UFRR/EMBRAPA Roraima), actara2008@yahoo.com.br

## Introdução

Nos últimos quinze anos tem se verificado a crescente ocupação da savana de Roraima com o plantio de *Acacia mangium* Willd. Essa leguminosa destaca-se por apresentar elevado potencial de deposição de serapilheira sobre o solo, da ordem de 9,8 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (ANDRADE *et al.*, 2000), e de aproximadamente 100 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N devido à associação com rizóbio (GALIANA *et al.*, 2002), produzindo matéria orgânica de baixa relação C/N, sendo o seu cultivo uma boa estratégia para revegetação de áreas degradadas (SCHIAVO, 2005) e para florestamento (GARAY *et al.*, 2003) em áreas de baixa pobreza química. A associação simbiótica desta espécie com bactérias e micorrizas contribui significativamente na melhoria da fertilidade do solo.

A conversão de savana a florestamento com *A. mangium* altera o equilíbrio natural e conseqüentemente modifica os estoques de carbono do solo e, até certo ponto, os mecanismos de incorporação e da decomposição da matéria orgânica, promovendo alterações na atividade, quantidade, e diversidade da população microbiana.

A taxa de evolução de CO<sub>2</sub> do solo tem sido utilizada para avaliar o carbono mineralizável, de maior “labilidade”, considerando que a matéria orgânica lábil está intimamente relacionada com a dinâmica de crescimento da microbiota do solo (GREGORICH; ZECH, 1990).

A taxa de mineralização de um resíduo orgânico é determinada pela quantidade e qualidade do resíduo, além da atividade da biota que é regulada pelos fatores ambientais. Em geral, a decomposição é favorecida por: a) resíduos com baixo teor de lignina ou compostos fenólicos; alto teor de materiais solúveis e de nitrogênio e partículas de tamanho reduzido com baixa relação C/N, além do próprio teor de N; b) condições físicas e químicas do solo que maximizem a atividade biológica, especialmente temperatura entre 30 - 35° C e umidade próxima à capacidade de campo e c) pela ausência de fatores tóxicos no resíduo ou solo, os quais podem inibir a atividade dos heterotróficos decompositores (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Como a microbiota do solo é a principal responsável pela decomposição dos compostos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia do solo, a biomassa microbiana e sua atividade têm sido apontadas como as características mais sensíveis às alterações na qualidade do solo, causadas por mudanças de uso e práticas de manejo (TRANNIN *et al.*, 2007). Segundo Islam e Weil (2000), altas taxas de respiração podem indicar tanto um distúrbio ecológico quanto um alto nível de produtividade do ecossistema.

A determinação da atividade microbiana nos ambientes de savana e savana florestado com *A. mangium* pode ser um indicador importante na avaliação precoce de alterações possibilitando a aplicação de medidas que promovam o uso e manejo sustentável para a savana de Roraima.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da substituição da vegetação natural por plantios de *A. mangium* sobre as características químicas e atividade microbiana em solos de cerrados no Estado de Roraima.

## Material e métodos

Foram selecionadas duas áreas de estudo na porção Leste do Estado de Roraima, pertencentes ao Empreendimento Ouro Verde Ltda. Na primeira área, em LATOSSOLO AMARELO Distrófico (Fazendas Curupira e Umirizal - 2° 38' 29" N e 60° 13' 59" W) foram amostrados dois plantios de *A. mangium* com idades de três (LA<sub>3</sub>) e cinco (LA<sub>5</sub>) anos e talhões de 25,4 e 22,5 ha, respectivamente. Na segunda área, em ARGISSOLO AMARELO Distrófico, foram selecionados talhões de quatro (PA<sub>4</sub>) e seis (PA<sub>6</sub>) anos (Fazendas Caiçara e Acacia magnífica - 2° 41' 11" N e 60° 25' 47" W), com área de 9,6 e 4,9 ha, respectivamente. Como testemunha, selecionou-se em cada classe de solo um talhão próximo aos plantios com as mesmas condições de solos e com cobertura vegetal primária de ecossistema de savana (LA<sub>SA</sub>; PA<sub>SA</sub>). Nos seis sistemas foram abertas três trincheiras, alocadas aleatoriamente em área representativa. Em cada trincheira foram amostradas as camadas de 00 - 30 e 30 - 60 cm.

Os sistemas com plantio de *A. mangium* foram preparados de modo convencional (aração e gradagem), corrigidos conforme recomendação de adubação e calagem sugerida a partir da análise do solo. O calcário dolomítico foi aplicado a lanço e NPK foi aplicado na cova na data do plantio. Uma cobertura com NPK foi realizada três meses após o plantio a lanço.

No laboratório, parte das amostras dos solos foi seca ao ar, obtendo-se a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) para a caracterização química de rotina (EMBRAPA, 1997). A determinação quantitativa de carbono orgânico total (COT) foi o de Walkley-Black e o nitrogênio total foi determinado pelo método descrito em Tedesco (1995).

O carbono mineralizável foi avaliado através da medição do CO<sub>2</sub> produzido pela microbiota do solo e determinado por captura em solução de NaOH (ALEF, 1991). Para cada sistema e profundidades foram pesadas três amostras de 50 g de Terra Seca ao Ar (TSA), incubadas durante 30 dias, com umidade entre 50 a 70% do equivalente de umidade, a temperatura de 27 ± 2 °C,

em pote de vidro com tampa vedada e volume de 2 L, contendo frasco com 10 mL de NaOH, 1 mol L<sup>-1</sup>, para reter o CO<sub>2</sub> liberado.

As titulações foram realizadas em intervalos de 24 horas, nos dez dias iniciais, passando-se logo a intervalos de 48 horas, até completar 30 dias. Foram utilizadas amostras em branco contendo apenas NaOH. Cada frasco de 10 mL de NaOH retirados imediatamente recebia 2 mL de solução de BaCl<sub>2</sub> 10% e duas a três gotas de fenolftaleína 1%. A quantidade de CO<sub>2</sub> liberada do solo era determinada pela a titulação do excedente de NaOH com solução de HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>.

Uma curva de evolução de CO<sub>2</sub> foi determinada relacionando a produção acumulada de CO<sub>2</sub> com o tempo de incubação, por meio de equações de regressão. A quantidade de CO<sub>2</sub> liberada para cada tempo de amostragem, em g kg<sup>-1</sup>, foi calculada pela equação:

$$CO_2 = (V_B - V_A) M \frac{V_T}{V_P} \frac{22}{m_{\text{solo}}}$$

em que: V<sub>B</sub> - volume utilizado na titulação do branco (L); V<sub>A</sub> - volume utilizado na titulação da amostra (L); M - concentração de HCl (mol L<sup>-1</sup>); V<sub>T</sub> - volume total de NaOH usado na captura do CO<sub>2</sub> (L); V<sub>P</sub> - volume pipetado para a titulação (L); 22 - g mol<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>; m<sub>solo</sub>: massa da amostra do solo (kg); e 0,2727 é o fator de conversão para g kg<sup>-1</sup> de C do solo.

O modelo de análise adotado foi o de medidas repetidas no tempo (1), adotando-se os efeitos de profundidade do solo, tipo de solo e idade do plantio, corrigidos por uma dependência temporal.

$$y_{ijklm} = m + (\tau)_i + \alpha(\tau)_{ij} + \beta(\tau)_{ik} + \gamma(\tau)_{il} + \alpha\beta(\tau)_{ijk} + \alpha\gamma(\tau)_{jil} + \beta\gamma(\tau)_{ikl} + \alpha\beta\gamma(\tau)_{ijkl} + \varepsilon_{ijklm}$$

Onde:  $\mu$  - constante associada a todas as observações;  $\alpha_j$  - efeito de profundidade;  $\beta_k$  - efeito de tipo de solo;  $\gamma_l$  - efeito de idade de plantio;  $\tau_i$  - dependência temporal; as respectivas interações;  $\varepsilon_{ijklm}$  - erro

A associação entre as variáveis indicadoras das propriedades químicas do solo e a atividade microbiana acumulada foi obtida por meio da correlação paramétrica de Person. Tanto nas análises de variância, quanto na correlação, o nível de significância adotado foi o de 5%. As análises foram conduzidas com auxílio da planilha eletrônica Excel e dos pacotes SAS System® e STATISTICA.

## Resultados e discussão

Para a comparação das análises química considerou-se os efeitos dos seis sistemas e camadas. O P, K, Al e N

foram afetados apenas pelas camadas, assim como a MOS, CTC e %V, concentrando-se seus maiores valores na camada de 0 - 30 cm. O Ca, Mg e o pH do solo foram afetados somente pelos sistemas. O H+Al e SB foram afetados pelos sistemas e camadas de modo isolado, enquanto que %m, COT e C/N foram afetados pela interação dos efeitos de sistemas e camadas (Tabela 1).

Os resultados revelam que de modo geral os solos estudados apresentaram elevado oligotrofismo (Tabela 1), com valores de pH em superfície entre 4,4, a 4,8, classificando-os como ácidos, baixos valores para Soma de Bases (SB), Saturação em Bases (%V), portanto, caracterizando-os como distróficos. Os valores para Saturação por Alumínio (%m) são superiores a 50%, revelando o caráter álico e que os ARGISSOLOS AMARELO Distróficos (PA) tendem a uma melhor condição química, com maiores valores para soma de bases (SB), saturação por bases (%V), menor saturação por alumínio (%m).

O P disponível não variou entre os sistemas (Tabela 1). Conforme Gama-Rodrigues *et al.* (2008) esse resultado revela a grande estabilidade do P em solos intemperizados. O P mineralizado, quando não absorvido pelas plantas, passaria rapidamente para formas não-lábeis (NOVAIS; SMYTH, 1999). Nesse sentido, a disponibilidade de P é regulada pela fração de P orgânico. Os teores de P muito baixos (CFSEMG, 1999) observados nos sistemas também são observados nas pastagens degradadas em Roraima (VALE JÚNIOR, 2000), as quais dependem totalmente da ciclagem biológica ou de aportes de fertilizantes. Os teores de K<sup>+</sup> (Tabela 1) não variaram com a substituição da savana pelos plantios de *A. mangium*, concentrando-se na camada mais superficial (00 - 30 cm).

Observa-se que os valores para SB e %V sofreram redução significativa na conversão de savana para os plantios de *A. mangium* no LA, diferentemente dos sistemas em PA, onde essas características não se diferenciaram estatisticamente (Tabela 1). É possível que a redução da SB no LA esteja relacionada com a pressão de absorção causada pela cultura instalada. Ao contrário da CTC, a acidez potencial (H+Al) aumentou com o manejo da savana nos dois solos, sendo um possível reflexo da incorporação da matéria orgânica. Estas limitações químicas observadas nestes sistemas também foram observadas por Melo *et al.* (2006) em diferentes sistemas de manejo do em LA e PA da Colônia do Apiaú em Roraima.

A MOS se concentrou na camada de 0 - 30 cm, independentemente do sistema e idade, com valor médio de 22,1 g kg<sup>-1</sup>. Os valores médios de MOS apresentam-se elevados em relação a média encontrada a Savana natural das classes de solos. Observou-se que o acúmulo da MOS

**Tabela 1** - Características químicas de solos em áreas de LATOSSOLO AMARELO Distrófico (LA) e ARGISSOLO AMARELO Distrófico (PA) com e sem florestamento de *A. mangium* com diferentes idades e nas profundidades 0 - 30 e 30 - 60 cm

Características Químicas	Profundidade	LASA <sup>1/</sup>	LA <sup>3</sup>	LA <sup>5</sup>	PASA	PA <sup>4</sup>	PA <sup>6</sup>	Média
pH em H <sub>2</sub> O	0-30	4,7	4,7	4,4	4,8	4,6	4,4	4,59 A
	30-60	4,9	4,9	4,6	4,7	4,4	4,6	4,67 A
	Média	4,78 a <sup>2/</sup>	4,78 a	4,52 b	4,73 a	4,50 b	4,47 b	
P (mg dm <sup>-3</sup> )	0-30	0,07	0,00	2,80	0,00	1,19	3,33	1,15A
	30-60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71B
	Média	0,04 a	0,00 a	1,40 a	0,00 a	0,59 a	1,67 a	
Ca <sup>++</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0-30	0,22	0,09	0,14	0,18	0,07	0,26	0,14A
	30-60	0,18	0,08	0,05	0,11	0,09	0,24	0,13A
	Média	0,20 ab	0,09 bc	0,10 bc	0,15 abc	0,08 c	0,25 a	
Mg <sup>++</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0-30	0,09	0,12	0,14	0,20	0,13	0,18	0,14A
	30-60	0,15	0,12	0,10	0,15	0,12	0,17	0,13A
	Média	0,12 b	0,12 b	0,12 b	0,17 a	0,13 b	0,18 a	
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0-30	0,01	0,01	0,03	0,04	0,01	0,01	0,020A
	30-60	-	-	-	-	0,01	-	0,002B
	Média	0,003 a	0,005 a	0,015 a	0,020 a	0,010 a	0,005 a	
Al <sup>+++</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0-30	0,55	0,51	0,76	0,52	0,76	0,64	0,62A
	30-60	0,29	0,24	0,30	0,31	0,34	0,39	0,31B
	Média	0,42 a	0,38 a	0,53 a	0,42 a	0,55 a	0,52 a	
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0-30	3,08	2,31	3,77	2,94	3,63	4,07	3,30A
	30-60	1,93	1,76	1,87	1,82	1,95	2,24	1,93B
	Média	2,51 abc	2,04 c	2,82 ab	2,38 bc	2,79 ab	3,16 a	
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0-30	0,32	0,22	0,31	0,42	0,22	0,46	0,32A
	30-60	0,33	0,20	0,15	0,26	0,21	0,41	0,26B
	Média	0,33 ab	0,21 b	0,23 b	0,34 ab	0,21 b	0,44 a	
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0-30	3,40	2,52	4,07	3,36	3,85	4,53	3,63A
	30-60	2,26	1,96	2,02	2,08	2,16	2,65	2,19B
	Média	2,83 a	2,25 a	3,05 a	2,72 a	3,00 a	3,59 a	
%V	0-30	9,5	10,9	7,6	12,4	5,7	9,9	11,68A
	30-60	14,5	10,4	7,5	12,3	9,7	15,6	9,34B
	Média	14,52 a	10,41 a	7,49 a	12,34 a	9,72 a	15,60 a	
%m	0-30	62,7	69,5	71,1	55,9	77,6	57,6	65,73A
	30-60	46,6	54,4	66,6	55,9	61,2	48,6	55,38B
	Média	54,64 ab	61,95 ab	68,82 a	55,40 ab	69,40 a	53,10 b	
MOS (g kg <sup>-1</sup> )	0-30	16,33 cA	21,03 abA	24,27 aA	18,60 bcA	22,40 abA	26,70 aA	22,1
	30-60	5,76 aB	7,90 aB	7,53 aB	6,3 aB	6,7 aB	7,46 B	7,2
	Média	11,05	14,47	15,90	12,45	14,55	17,08	
COT (g kg <sup>-1</sup> )	0-30	9,5 dA	12,2 bcdA	14,1 abA	10,8 cdA	13,0 bcdA	15,5 aA	1,25
	30-60	3,3 aB	4,6 aB	4,4 aB	3,7 aB	3,9 aB	4,3 aB	0,40
	Média	6,42	8,38	9,23	7,22	8,43	9,92	

**Tabela 1** - Continuação .....

Características Químicas	Profundidade	LASA <sup>1/</sup>	LA <sup>3</sup>	LA <sup>5</sup>	PASA	PA <sup>4</sup>	PA <sup>6</sup>	Média
N (g kg <sup>-1</sup> )	0-30	0,63 bA	0,90 aA	0,87 aA	0,70 abA	0,70 abA	0,80 abA	0,77
	30-60	0,10 cB	0,70 abB	0,60 abB	0,63 abA	0,50 bB	0,80 aA	0,56
	Média	0,37	0,80	0,73	0,67	0,60	0,80	
C/N	0-30	15,0cA	13,65cA	16,2abA	16,0bcA	18,9abA	19,62aA	16,6
	30-60	30,4aB	6,6aB	7,4aB	5,8aB	7,7aB	5,3aB	10,5

<sup>1/</sup>LA<sub>SN</sub> – Área em Latossolo Amarelo distrófico com vegetação primária de ecossistema de savana; LA<sub>3</sub> – Área em Latossolo Amarelo distrófico com florestamento de *A. mangium* com três anos de idade; Área em Latossolo Amarelo distrófico com florestamento de *A. mangium* com cinco anos de idade; PA<sub>SA</sub> – Área em Argissolo Amarelo Distrófico com vegetação primária de ecossistema de savana; LA<sub>3</sub> – Área em Argissolo Amarelo Distrófico com florestamento de *A. mangium* com três anos de idade; Área em Argissolo Amarelo Distrófico com florestamento de *A. mangium* com cinco anos de idade; <sup>2/</sup>Valores precedidos das mesmas letras, Maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem significativamente, segundo o teste de Tukey, no nível de significância de 5%.

alcançou índices de incrementos superiores a 45% nas duas classes de solos. Isso demonstra que com a conversão de Savana natural para plantios de *A. mangium*, promoveu um aumento nos valores da MOS em decorrência do material incorporado pela leguminosa introduzida. A capacidade de incorporação de matéria orgânica pela *Acacia* foi observada por Garay *et al.* (2003), conforme o autor, o acúmulo pode ser decorrente da baixa velocidade de decomposição e, ou, do grande aporte orgânico.

O teor de N no LA concentrou-se na camada 00 - 30 cm, não sendo alterado pela idade do plantio, mas pelo florestamento. No PA, a concentração de N na camada 0 - 30 cm ocorreu apenas na área PA<sub>4</sub>. As diferentes idades de plantio do PA não apresentaram diferenças significativas em relação ao N da savana natural. De modo geral os teores de N apresentaram-se inferiores aos observados por Garay *et al.* (2003), sendo um reflexo da pobreza química dos solos.

A relação C/N apresentou-se favorável a mineralização nos solos e nas camadas, exceto na camada 30 - 60 cm do LA<sub>SN</sub>, sendo o acúmulo da MOS decorrente da queda de folhas e não de uma limitação do teor de N e conseqüentemente de uma menor velocidade de decomposição. De fato, um aporte foliar anual de 10 t ha<sup>-1</sup> foi medido por Garay *et al.* (2003) em uma plantação de *A. mangium*.

### Atividade Microbiana nos Solos Estudados

Todos os efeitos considerados no modelo foram significativos, de maneira isolada, sendo que somente a interação entre profundidade e tipo de solo apresentou-se significativa. Buscando-se uma hierarquia entre os efeitos, por meio das frações de variância, teve-se como principal causa de variação para o CO<sub>2</sub> acumulado pela atividade microbiana a profundidade, seguida de uma interação deste efeito com o tipo de solo. Isoladamente a idade dos plantios é mais importante do que o tipo de solo.

### Efeito da Idade do plantio e profundidade

Nas áreas de LA, em superfície, a distinção entre as idades de plantio foi observada somente no primeiro dia de avaliação, tendo na savana uma menor atividade microbiana na ordem de I.C.<sub>(95%)</sub>: 0,00-0,13 g kg<sup>-1</sup> de C. Maiores atividades foram observadas nos plantios sejam estes iniciais (I.C.<sub>(95%)</sub>: 0,15-0,29 g kg<sup>-1</sup> de C) ou estabelecidos (I.C.<sub>(95%)</sub>: 0,58-1,25 g kg<sup>-1</sup> de C) (Tabela 2 e Figura 1a). No final das avaliações a atividade microbiana em todas as idades de plantio apresentou uma taxa de I.C.<sub>(95%)</sub>: 1,40-2,11 g kg<sup>-1</sup> de C (Figura 1a).

Em subsuperfície foram observadas distinções no primeiro e último dia de avaliação. No primeiro dia foi assinalada uma menor atividade na savana (I.C.<sub>(95%)</sub>: 0,00-0,08 g kg<sup>-1</sup> de C), quando comparada aos plantios, sejam estes iniciais (I.C.<sub>(95%)</sub>: 0,11-0,44 g kg<sup>-1</sup> de C) ou estabelecidos (I.C.<sub>(95%)</sub>: 0,12-0,34 g kg<sup>-1</sup> de C) (Tabela 2 e Figura 1b). No último dia, a mesma ordenação foi observada, onde a savana natural apresentou uma menor atividade (I.C.<sub>(95%)</sub>: 0,51-2,20 g kg<sup>-1</sup> de C) do que os plantios iniciais (I.C.<sub>(95%)</sub>: 1,35-2,86 g kg<sup>-1</sup> de C) ou estabelecidos (I.C.<sub>(95%)</sub>: 1,43-2,68 g kg<sup>-1</sup> de C) (Tabela 2 e Figuras 1b).

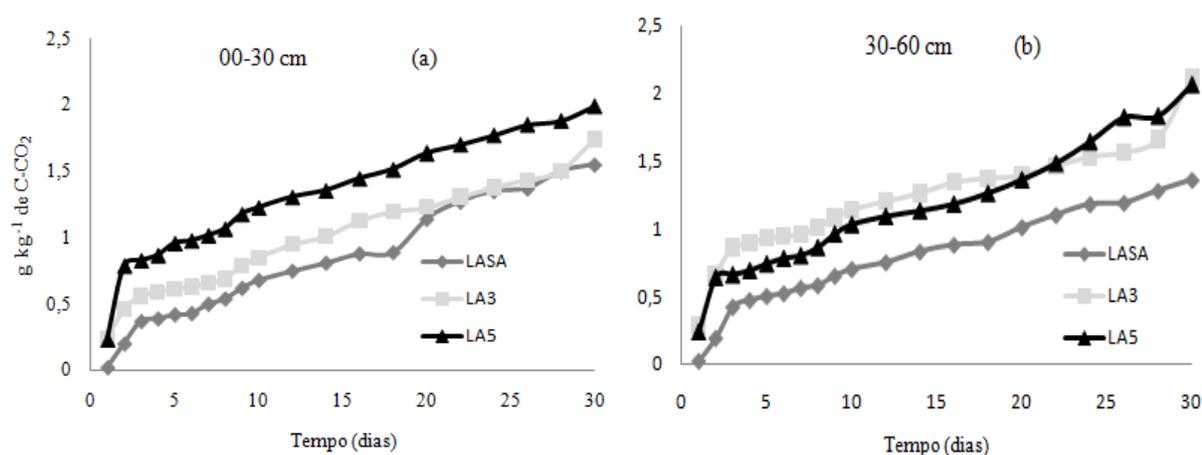
Considerando os Argissolos, em superfície, as idades de plantios apresentaram equivalência durante toda a avaliação, sendo que ao final da avaliação a atividade microbiana foi estimada num intervalo de I.C.<sub>(95%)</sub>: 1,62-2,47 g kg<sup>-1</sup> C (extremos: 1,33-2,88 g kg<sup>-1</sup> de C) (Tabela 3 e Figura 2a).

Em subsuperfície foi observada distinção entre as idades de plantio, a partir do vigésimo dia, sendo que a maior atividade microbiana foi observada nos plantios de 6 anos (I.C.<sub>(95%)</sub>: 0,53-1,84 g kg<sup>-1</sup> de C), seguido da equivalência plantio de 4 anos (I.C.<sub>(95%)</sub>: 0,58-1,25 g kg<sup>-1</sup> de C) e savana (I.C.<sub>(95%)</sub>: 0,31-0,90 g kg<sup>-1</sup> de C). Este padrão foi observado até o final da avaliação. Tendo o plantio de

**Tabela 2** - Valores médios e desvio padrão da concentração de CO<sub>2</sub> em função das idades dos plantios e profundidades em LATOSSOLO AMARELO Distrófico, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ )

Dias	0-30 cm			30-60 cm		
	LA <sub>SA</sub>	LA <sub>3</sub>	LA <sub>5</sub>	LA <sub>SA</sub>	LA <sub>3</sub>	LA <sub>5</sub>
01	0,03±0,044 b	0,23±0,028 a	0,23±0,022 a	0,02±0,027 b	0,28±0,067 a	0,24±0,045 a
02	0,20±0,050 a	0,46±0,024 a	0,79±0,661 a	0,19±0,011 a	0,66±0,390 a	0,64±0,393 a
03	0,37±0,118 a	0,56±0,146 a	0,83±0,622 a	0,42±0,334 a	0,86±0,417 a	0,66±0,393 a
04	0,39±0,115 a	0,59±0,141 a	0,87±0,615 a	0,47±0,376 a	0,89±0,409 a	0,69±0,395 a
05	0,42±0,111 a	0,61±0,147 a	0,96±0,604 a	0,50±0,363 a	0,93±0,386 a	0,74±0,375 a
06	0,43±0,107 a	0,63±0,139 a	0,98±0,608 a	0,52±0,370 a	0,94±0,387 a	0,78±0,381 a
07	0,50±0,045 a	0,66±0,119 a	1,02±0,626 a	0,56±0,365 a	0,96±0,381 a	0,80±0,385 a
08	0,54±0,066 a	0,69±0,099 a	1,07±0,635 a	0,58±0,362 a	1,01±0,355 a	0,86±0,373 a
09	0,62±0,070 a	0,79±0,084 a	1,18±0,605 a	0,65±0,368 a	1,08±0,352 a	0,96±0,363 a
10	0,68±0,088 a	0,85±0,069 a	1,23±0,598 a	0,70±0,368 a	1,14±0,361 a	1,03±0,349 a
12	0,75±0,101 a	0,95±0,105 a	1,31±0,584 a	0,75±0,371 a	1,20±0,362 a	1,09±0,347 a
14	0,81±0,097 a	1,01±0,098 a	1,36±0,595 a	0,83±0,340 a	1,26±0,357 a	1,13±0,362 a
16	0,88±0,116 a	1,13±0,110 a	1,45±0,598 a	0,88±0,323 a	1,34±0,351 a	1,18±0,332 a
18	0,89±0,129 a	1,20±0,140 a	1,52±0,611 a	0,90±0,305 a	1,37±0,340 a	1,26±0,289 a
20	1,14±0,284 a	1,23±0,168 a	1,64±0,585 a	1,01±0,323 a	1,39±0,350 a	1,36±0,307 a
22	1,27±0,288 a	1,31±0,152 a	1,70±0,590 a	1,10±0,305 a	1,46±0,365 a	1,48±0,422 a
24	1,35±0,278 a	1,38±0,160 a	1,77±0,623 a	1,18±0,290 a	1,53±0,375 a	1,64±0,338 a
26	1,37±0,241 a	1,43±0,172 a	1,85±0,622 a	1,19±0,275 a	1,57±0,361 a	1,82±0,285 a
28	1,50±0,185 a	1,50±0,148 a	1,88±0,606 a	1,28±0,241 a	1,66±0,389 a	1,83±0,298 a
30	1,55±0,240 a	1,74±0,281 a	1,99±0,749 a	1,36±0,341 b	2,11±0,304 a	2,06±0,251 a

Valores precedidos de mesma letra, na linha, não diferem a 5% de significância pelo teste de Tukey.

**Figura 1** - Valores médios de C-CO<sub>2</sub> evoluído pela atividade microbiana em função do tempo de avaliação, nas diferentes áreas em LATOSSOLO AMARELO Distrófico e profundidades (a) 00-30 cm e (b) 30-60 cm.

6 anos uma atividade da microbiota na ordem de I.C.<sub>(95%)</sub>: 1,07-2,56 g kg<sup>-1</sup> de C, o plantio de 4 anos I.C.<sub>(95%)</sub>: 1,20-1,75 g kg<sup>-1</sup> de C e a savana I.C.<sub>(95%)</sub>: 0,87-1,50 g kg<sup>-1</sup> de C (Tabela 3 e Figura 2b).

Portanto, os valores da produção de C-CO<sub>2</sub> são crescentes da savana para os plantios de *A. mangium* com maior idade, mostrando que esta mudança no uso do solo promoveu melhoria nos atributos químicos e no estoque de carbono do solo, também observado por Leitão Sousa (2004), e até certo ponto, nos mecanismos de incorporação e da decomposição da matéria orgânica (ANDREUX *et al.*, 1990; DIEZ *et al.*, 1991), favorecendo uma maior atividade dos microorganismos.

### Efeito da profundidade

A atividade microbiana apresentou diferenças significativas a partir do décimo dia, sendo na profundidade de 00 - 30 cm (I.C.<sub>(95%)</sub>: 0,95-0,98 g kg<sup>-1</sup> de C) observada uma concentração maior de C-CO<sub>2</sub> do que na profundidade 30- 60 cm (I.C.<sub>(95%)</sub>: 0,82-0,89 g kg<sup>-1</sup> de C.) (Tabela 4).

A distinção entre as profundidades indica uma maior atividade microbiana em superfície a partir do

décimo dia (Figura 3), sendo que ao final da avaliação tem-se uma concentração de carbono na ordem de 1,90 g kg<sup>-1</sup> de C na profundidade 0-30 cm e de 1,67 g kg<sup>-1</sup> de C na profundidade de 30-60 cm (Tabela 4).

### Efeito do Tipo de Solo e Profundidade

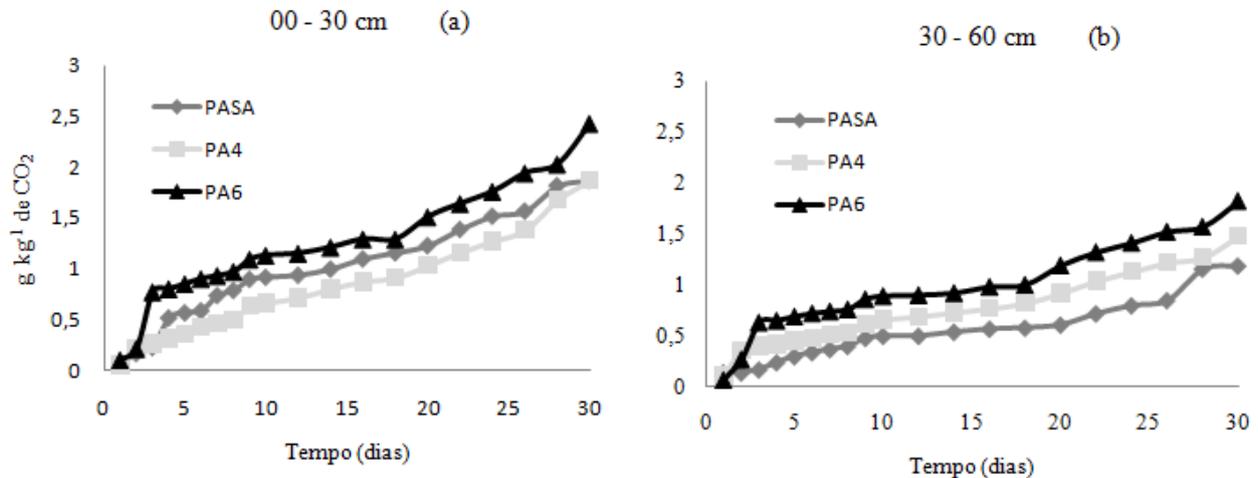
Diferenças entre os tipos solo, na profundidade de 0 - 30 cm foram observadas somente até o segundo dia ( $F_{(1;16)}=4,07;p<0,05$ ), sendo que o LATOSSOLO AMARELO Distrófico apresentou uma maior atividade microbiana (I.C.<sub>(95%)</sub>: 0,16-0,81 g C.kg<sup>-1</sup> de solo; extremos: 0,15-1,55 g kg<sup>-1</sup> de C) do que o ARGISSOLO AMARELO Distrófico (I.C.<sub>(95%)</sub>: 0,12-0,27 g kg<sup>-1</sup> de C; extremos: 0,04-0,33 g kg<sup>-1</sup> de C). A partir do terceiro dia, a atividade microbiana foi equivalente nos dois solos na camada superficial, chegando ao trigésimo dia a I.C.<sub>(95%)</sub>: 1,64-2,16 g kg<sup>-1</sup> de C (extremos: 1,31-2,88 g kg<sup>-1</sup> de C) (Tabela 5).

Enquanto na profundidade de 30 - 60 cm, as diferenças entre os tipos de solo, começaram a ser observadas a partir do décimo segundo dia ( $F_{(1;16)}=4,39;p<0,05$ ), sendo que também o LATOSSOLO AMARELO Distrófico apresentou maior atividade microbiana (I.C.<sub>(95%)</sub>: 0,73-

**Tabela 3** - Valores médios e desvio padrão de C-CO<sub>2</sub> em função das idades dos plantios e profundidades em ARGISSOLO AMARELO Distrófico, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ )

Dias	0 - 30 cm			30 - 60 cm		
	PA <sub>SA</sub>	PA <sup>4</sup>	PA <sup>6</sup>	PA <sub>SA</sub>	PA <sup>4</sup>	PA <sup>6</sup>
01	0,06±0,034 a	0,05±0,028 a	0,10±0,006 a	0,14±0,149 a	0,11±0,039 a	0,07±0,015 a
02	0,16±0,102 a	0,21±0,143 a	0,21±0,077 a	0,14±0,148 a	0,36±0,136 a	0,27±0,145 a
03	0,22±0,157 a	0,26±0,185 a	0,77±0,458 a	0,17±0,136 a	0,40±0,138 a	0,63±0,411 a
04	0,51±0,377 a	0,31±0,184 a	0,8±0,462 a	0,24±0,141 a	0,42±0,144 a	0,65±0,412 a
05	0,56±0,421 a	0,36±0,181 a	0,85±0,472 a	0,30±0,106 a	0,45±0,155 a	0,69±0,396 a
06	0,58±0,414 a	0,42±0,201 a	0,90±0,487 a	0,34±0,110 a	0,48±0,145 a	0,72±0,384 a
07	0,73±0,614 a	0,46±0,223 a	0,93±0,501 a	0,37±0,100 a	0,51±0,153 a	0,74±0,376 a
08	0,78±0,633 a	0,49±0,233 a	0,97±0,525 a	0,40±0,104 a	0,53±0,156 a	0,76±0,362 a
09	0,89±0,636 a	0,63±0,271 a	1,09±0,522 a	0,48±0,107 a	0,62±0,165 a	0,86±0,342 a
10	0,91±0,639 a	0,66±0,277 a	1,13±0,521 a	0,50±0,110 a	0,66±0,186 a	0,89±0,330 a
12	0,93±0,631 a	0,71±0,276 a	1,15±0,516 a	0,50±0,109 a	0,69±0,194 a	0,90±0,326 a
14	0,99±0,648 a	0,80±0,274 a	1,21±0,515 a	0,54±0,117 a	0,73±0,203 a	0,92±0,322 a
16	1,09±0,723 a	0,87±0,262 a	1,29±0,531 a	0,57±0,106 a	0,77±0,227 a	0,98±0,280 a
18	1,15±0,814 a	0,91±0,207 a	1,29±0,525 a	0,58±0,101 a	0,82±0,144 a	1,00±0,287 a
20	1,22±0,777 a	1,03±0,179 a	1,51±0,484 a	0,61±0,118 b	0,92±0,133 ab	1,19±0,264 a
22	1,38±0,795 a	1,16±0,177 a	1,64±0,492 a	0,72±0,115 b	1,04±0,153 ab	1,32±0,271 a
24	1,51±0,820 a	1,27±0,157 a	1,76±0,507 a	0,80±0,116 b	1,13±0,154 ab	1,41±0,225 a
26	1,58±0,817 a	1,38±0,129 a	1,94±0,513 a	0,85±0,090 b	1,22±0,096 ab	1,52±0,146 a
28	1,81±0,822 a	1,68±0,238 a	2,03±0,521 a	1,16±0,147 b	1,27±0,069 ab	1,57±0,221 a
30	1,86±0,842 a	1,87±0,165 a	2,43±0,402 a	1,19±0,128 b	1,48±0,111 ab	1,82±0,301 a

Valores precedidos de mesma letra, na linha, não diferem significativamente segundo o teste de Tukey, no nível de significância de 5%.

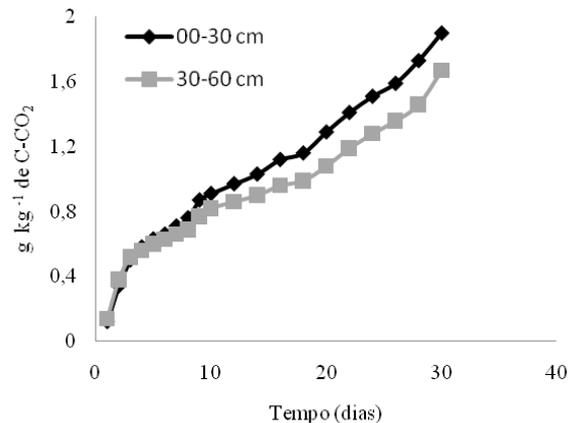


**Figura 2** - Valores médios das concentrações de C-CO<sub>2</sub> evoluído pela atividade microbiana em função do tempo de avaliação, nas diferentes áreas de ARGISSOLO AMARELO Distrófico nas profundidades (a) 0-30 cm e (b) 30-60 cm.

**Tabela 4** - Valores médios e desvio padrão da concentração de C-CO<sub>2</sub> evoluído pela atividade microbiana, nas diferentes profundidades, em função dos dias de avaliação, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ )

Dias	Profundidade	
	0 - 30 cm	30 - 60 cm
01	0,12±0,006 a	0,14±0,036 a
02	0,34±0,098 a	0,38±0,105 a
03	0,50±0,081 a	0,52±0,027 a
04	0,58±0,038 a	0,56±0,039 a
05	0,63±0,032 a	0,60±0,032 a
06	0,66±0,025 a	0,63±0,041 a
07	0,71±0,027 a	0,66±0,04 a
08	0,76±0,025 a	0,69±0,048 a
09	0,87±0,033 a	0,77±0,049 a
10	0,91±0,037 a	0,82±0,053 a
12	0,97±0,022 a	0,86±0,055 b
14	1,03±0,029 a	0,90±0,062 b
16	1,12±0,029 a	0,96±0,068 b
18	1,16±0,025 a	0,99±0,045 b
20	1,29±0,021 a	1,08±0,061 b
22	1,41±0,032 a	1,19±0,078 b
24	1,51±0,034 a	1,28±0,064 b
26	1,59±0,044 a	1,36±0,039 b
28	1,73±0,020 a	1,46±0,032 b
30	1,90±0,003 a	1,67±0,117 b

Valores precedidos de mesma letra, na linha, não diferem significativamente segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ )



**Figura 3** - Valores médios para as concentrações de C-CO<sub>2</sub> evoluído pela atividade microbiana em função do tempo de avaliação, nas diferentes profundidades.

1,30 g kg<sup>-1</sup> de C; extremos: 0,46-1,53 g kg<sup>-1</sup> de C) do que o ARGISSOLO AMARELO Distrófico (I.C.<sub>(95%)</sub>: 0,49-0,89 g kg<sup>-1</sup> de C; extremos: 0,43-1,25 g kg<sup>-1</sup> de C) (Tabela 9). Este padrão de maior atividade microbiana, na camada mais profunda do solo, foi observado até o final da avaliação em que a atividade nos Latossolos variou de I.C.<sub>(95%)</sub>: 1,49-2,18 g kg<sup>-1</sup> de C, enquanto que nos Argissolos variou de I.C.<sub>(95%)</sub>: 1,25-1,74 g kg<sup>-1</sup> de C (Figura 5).

Deste modo, tem-se distinção entre as profundidades e os tipos de solo, em que nos Argissolos a atividade microbiana são equivalentes em ambas profundidades somente até a metade do ciclo, predominando uma atividade superficial desta a partir do décimo segundo dia. Já nas áreas em Latossolo, a atividade microbiana foi equivalente durante toda a avaliação. Foi verificada maior atividade microbiana em superfície em Argissolo, entretanto em

subsuperfície a distinção entre os tipos de solo foi evidente, sendo que os Latossolos apresentaram maior atividade a partir do décimo quarto dia (Tabela 5 e Figura 4).

Portanto, os plantios de *A. mangium* sobre ARGISSOLO AMARELO Distrófico (PA), apresentaram maior atividade microbiana em superfície, relacionada com maior concentração de MOS (Tabela 1) e melhor aeração destes solos, face ao gradiente textural, conforme trabalhos de Moreira e Siqueira (2002) e Mello (1983). Além das melhores condições químicas do PA, vale destacar a menor toxidez por alumínio, pois, segundo Benittes (1998), o oligotrofismo e a toxidez por alumínio proporcionam maior acúmulo de matéria orgânica.

### Características químicas e atividade microbiana

Foram determinadas associações significativas entre as propriedades químicas dos solos e o C-CO<sub>2</sub> evoluído pela atividade microbiana, sendo que algumas variáveis apresentaram associação significativa exclusivamente em

um estágio da atividade microbiana, sendo estas: Ca ( $r=-0,50;p<0,01$ ), Mg ( $r=-0,31;p<0,05$ ), SB ( $r=-0,49;p<0,01$ ), CTCe ( $r=-0,30;p<0,05$ ), V ( $r=-0,30;p<0,05$ ), no primeiro dia, todas com associação negativa e m ( $r=0,35;p<0,05$ ) apresentou associação positiva (Tabela 6).

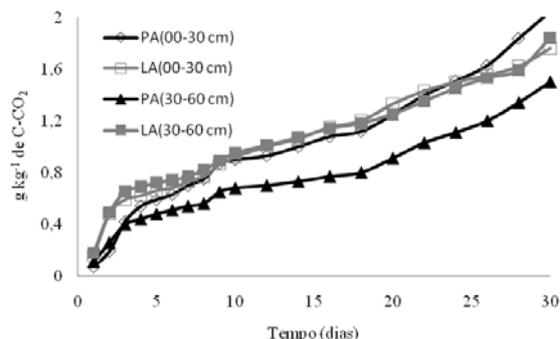


Figura 4 - Valores médios de C-CO<sub>2</sub> evoluído, em função do tempo nas classes de solo e profundidades.

Tabela 5 - Valores médios e desvio padrão da concentração de C-CO<sub>2</sub> evoluído em função do tempo de avaliação, nas profundidades e tipos de solo, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ )

Dias	Profundidades			
	0 - 30cm		30 - 60cm	
	PA	LA	PA	LA
01	0,07±0,006 bA	0,16±0,007 aA	0,11±0,059 aA	0,18±0,017 aA
02	0,19±0,029 bA	0,48±0,220 aA	0,26±0,090 aA	0,49±0,120 aA
03	0,42±0,124 aA	0,59±0,214 aA	0,40±0,091 aA	0,65±0,125 aA
04	0,54±0,138 aA	0,62±0,209 aA	0,44±0,091 aA	0,69±0,140 aA
05	0,59±0,145 aA	0,66±0,206 aA	0,48±0,079 aA	0,72±0,131 aA
06	0,63±0,151 aA	0,68±0,199 aA	0,51±0,069 aA	0,74±0,133 aA
07	0,70±0,199 aA	0,73±0,194 aA	0,54±0,062 aA	0,77±0,133 aA
08	0,75±0,202 aA	0,77±0,205 aA	0,56±0,052 aA	0,82±0,140 aA
09	0,87±0,179 aA	0,86±0,202 aA	0,65±0,046 aA	0,89±0,142 aA
10	0,90±0,182 aA	0,92±0,203 aA	0,68±0,030 aA	0,95±0,136 aA
12	0,93±0,179 aA	1,00±0,195 aA	0,70±0,025 bA	1,01±0,134 aA
14	1,00±0,192 aA	1,06±0,206 aA	0,73±0,018 bB	1,07±0,141 aA
16	1,08±0,213 aA	1,15±0,221 aA	0,77±0,012 bB	1,14±0,133 aA
18	1,12±0,238 aA	1,20±0,227 aA	0,80±0,025 bB	1,18±0,115 aA
20	1,25±0,190 aA	1,33±0,228 aA	0,91±0,027 bB	1,25±0,124 aA
22	1,40±0,186 aA	1,43±0,249 aA	1,03±0,039 bB	1,35±0,150 aA
24	1,51±0,197 aA	1,50±0,264 aA	1,11±0,056 bB	1,45±0,101 aA
26	1,63±0,176 aA	1,55±0,258 aA	1,20±0,045 bB	1,53±0,064 aA
28	1,84±0,291 aA	1,62±0,260 aA	1,34±0,036 bB	1,59±0,071 aA
30	2,05±0,311 aA	1,76±0,317 aA	1,50±0,055 bB	1,84±0,184 aA

Minúsculas latinas, na horizontal – efeito de tipo de solo, em uma determinada profundidade; Maiúsculas latinas na horizontal – efeito de profundidade em um tipo de solo. Valores precedidos de mesma letra, na horizontal, não diferem significativamente segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ )

**Tabela 6** - Matriz de correlação entre parâmetros químicos do solo e a atividade microbiana no início, meio e final do ciclo

Variáveis	Ciclo		
	1° dia	16° dia	30° dia
pH	-0,02 ns	-0,14 ns	-0,19 ns
Ca	-0,50 **	0,14 ns	0,14 ns
Mg	-0,31 *	0,10 ns	0,16 ns
K	-0,06 ns	0,26 ns	0,25 ns
Al	-0,11 ns	0,17 ns	0,24 ns
H+Al	-0,21 ns	0,27 ns	0,37 *
P	0,05 ns	0,27 ns	0,30 *
SB	-0,49 **	0,17 ns	0,19 ns
CTCt	-0,26 ns	0,27 ns	0,38 *
CTCe	-0,30 *	0,21 ns	0,27 ns
V	-0,30 *	-0,12 ns	-0,20 ns
m	0,35 *	0,06 ns	0,12 ns
C	-0,09 ns	0,29 *	0,27 ns
N	0,23 ns	0,20 ns	0,32 *
C:N	-0,38 *	0,01 ns	-0,18 ns
MOS	-0,06 ns	0,28 *	0,37 *

A variável C ( $r=0,29$ ;  $p<0,05$ ) apresentou associação positiva com a atividade microbiana aos 16 dias avaliação, enquanto que a variável MOS ( $r=0,29$ ;  $0,37$ ;  $p<0,05$ ) apresentou associação positiva com a atividade microbiana a partir do décimo sexto de avaliação (Tabela 6).

Já as variáveis P ( $r=0,30$ ;  $p<0,05$ ), N ( $r=0,32$ ;  $p<0,05$ ), H+Al ( $r=0,37$ ;  $p<0,05$ ) e CTCt ( $r=0,38$ ;  $p<0,05$ ) apresentaram associação positiva com a atividade da microbiota somente no final da avaliação (Tabela 6).

Portanto, a pobreza química dos solos estudados não contribuiu de forma significativa na atividade microbiana, enquanto o aumento da concentração de MOS da savana para os plantios de *A. mangium* refletiu na melhoria da atividade microbiana, conforme trabalho realizado por (IGUE, 1983; ANDERSON; INGRAM, 1989; VALE JÚNIOR, 2000 e BENITTES, 1998).

## Conclusões

A conversão de Savana natural em plantios com *A. mangium* proporcionou maior atividade microbiana, nos plantios com maior idade e em superfície.

A maior atividade microbiana foi registrada nos plantios de *A. mangium* sobre ARGISSOLO AMARELO

Distrófico, em superfície, em função das melhores condições físico-químicas.

Os maiores valores de C-CO<sub>2</sub> evoluído pela atividade microbiana, correlacionaram-se melhor com os teores de carbono orgânico e matéria orgânica do solo;

A pobreza química e elevada saturação por alumínio (%m) dos solos estudados influenciaram significativamente nos menores valores de CO<sub>2</sub> evoluído pela atividade microbiana.

## Literatura científica citada

- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. Wallingford: CABS Internacional, 1989.
- ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIAS, S. M. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpinifolia*, *A. mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em Planossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V. 24, 777-785, 2000.
- ANDREUX, F. *et al.* Humus content and transformation in natural and cultivated soil. **The Science of the Total Environment**, v. 90, 249-265, 1990.
- ALEFI, K. **Soil Respiration**. In: Methods in applied soil microbiology and Biochemistry. ALEFI, K.; NANNIPERI, P. Ed. Academic Press. 1995.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO NO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendações de adubação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação**. RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G. ; ALVAREZ V., V. H., eds. Viçosa, MG, 1999. 352p.
- DIEZ, J. A. *et al.* Influência do pousio e da pastagem sobre a dinâmica de nutrientes em Oxisols recentemente desflorestados na Amazônia Oriental. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 26, n. 1, 77 - 83, 1991.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro <ro: EMBRAPA, 1997.
- GALIANA, A. *et al.* Nitrogen fixation estimated by the <sup>15</sup>N natural abundance method in *Acacia mangium* Willd. Inoculated with *Bradyrhizobium* sp. and grown in silvicultural conditions. **Soil Biol. Biochem.**, v.34, 251-262, 2002.
- GAMA-RODRIGUES, E. F. da *et al.* Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, 1521-1530, 2008.
- GARAY, I. *et al.* Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, 705-712, 2003.
- GREGORICH, E. G.; ZECH, W. Turnover of carbon through the microbial biomass in soils with different textures. **Soil. Sci. Soc. Am. J.** v.12, n.1, 1990.

- IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: Palestra **Seminário Adubação Verde**, 1983, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: CNPq.
- ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agric. Ecosys. Environ.**, v. 79, n. 1, p. 9-16, 2000.
- LEITÃO SOUSA, M. I. **Alterações das características físicas, químicas e água no solo na conversão de savana para plantio de *Acacia mangium* em Roraima**. (Monografia de Especialização). Boa Vista. UFRR. 2004.
- MELLO, F. de A. F. *et al.* **Fertilidade do Solo**. São Paulo: Nobel, 4ª edição. 1983.
- MELO, V. F. *et al.* Caracterização física, química e mineralógica de solos da colônia agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, 1039-1050, 2006.
- MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA. 2002.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.
- SCHIAVO, J. A. **Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) e *Acacia mangium* Willd. colonizadas com fungos micorrízicos arbusculares em blocos prensados, confeccionados com resíduos agro-industriais**. 2001. 86f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- SILVA, F. P; **Comportamento de procedência de *Acacia mangium* Willd. no Vale do Rio Doce-MG** (Tese de Mestrado). Viçosa-UFV, 1993.
- TEDESCO, J. M. Análises de solos, plantas e outros materiais. **Boletim Técnico**, N° 5, Rio de Janeiro. 1995.
- TRANNIN, I. C. de B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. de S. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1173-1184, 2007.
- VALE JÚNIOR, J. F. **Pedogênese e Alterações dos Solos sob Manejo Itinerante, em áreas de Rochas Vulcânicas Ácidas e Básicas, no Nordeste de Roraima**. (Tese de Doutorado). Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2000.