

Carbono orgânico e biomassa microbiana do solo em plantios de *Acacia mangium* no Cerrado de Roraima

Sara Magda Oliveira SIMÕES¹, Jerri Édson ZILLI², Mirian Cristina Gomes COSTA³, Hélio TONINI⁴, Fabiano de Carvalho BALIEIRO⁵

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos de plantios de *Acacia mangium*, localizados no cerrado em Roraima, sobre o carbono orgânico e biomassa microbiana do solo. Foram realizadas amostragens de solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm em dois plantios de *A. mangium* com cerca de cinco anos de idade, e em duas áreas de Cerrado nativo consideradas referência. Um dos plantios de *A. mangium* (localizado na Fazenda Cigolina) correspondeu a um plantio homogêneo (espaçamento de 3,6 m entre linhas e 2,0 m entre plantas) enquanto que o outro (localizado no Campo Experimental Água Boa - CEAB) correspondeu a um plantio em faixas com duas linhas de plantio (espaçamento de 6 m entre linhas, 2,5 m entre plantas e cerca de 30 m entre faixas). As amostras de solo foram analisadas quanto ao carbono orgânico, carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo e quociente metabólico, além de atributos químicos de fertilidade. Foi verificado que os plantios de *A. mangium* não proporcionaram aumentos significativos do carbono orgânico do solo em comparação às áreas de referência. Entretanto, na média geral, esses plantios proporcionaram aumento do carbono da biomassa microbiana do solo e redução do quociente metabólico, indicando a possibilidade de acúmulo de carbono orgânico no solo em longo prazo. Também foi observado que, em comparação ao plantio da fazenda Cigolina e às áreas de referência, o carbono microbiano do solo foi maior e acompanhado de menor quociente metabólico no plantio de *A. mangium* no CEAB, mostrando que a estrutura de plantio exerceu influência sobre a biomassa microbiana do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Respiração basal do solo, quociente metabólico, Amazônia, plantios florestais, qualidade do solo.

Soil organic carbon and soil microbial biomass in *Acacia mangium* plantation in the Savanna of Roraima

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of *Acacia mangium* plantation in the Roraima's Savanna, on soil organic carbon and soil microbial biomass. Soil samplings were collected on the depths of 0-20 cm and 20-40 cm in two *Acacia mangium* plantation sites, about five years old, and in two sites of native savanna as reference. One of the *A. mangium* sites (located at Fazenda Cigolina) was composed by a homogeneous plantation (3.6 m between row and 2.0 m between trees) and, the other one (located at Campo Experimental Agua Boa Experimental - CEAB) was composed by a plantation on which the planting distances had strips of two rows 6 meters apart, 2.5 meters between trees and 30 meters between strips). Soil samples were analyzed regarding soil organic carbon, microbial biomass carbon, soil basal respiration and metabolic quotient, besides soil fertility attributes. Results showed that *A. mangium* plantations did not provide significant increases of organic carbon on the soil comparing with sites used as reference. However, generally, *A. mangium* plantation increased soil microbial biomass carbon and reduced metabolic quotient, indicating a possibility of soil organic carbon accumulation in long-term. It was also observed that, soil biomass microbial carbon was higher, followed by smaller metabolic quotient at CEAB *A. mangium* plantation compared with Cigolina and reference sites, showing that planting design exercised influence on soil microbial biomass.

KEYWORDS: Soil basal respiration, metabolic quotient, Amazonian, forest plantation, soil quality.

¹ Universidade Federal de Roraima, UFRR, e-mail: saramagda18@hotmail.com

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Roraima, e-mail: zilli@cpafrr.embrapa.br

³ Universidade Federal do Ceará, e-mail: mirian.costa@ufc.br

⁴ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Roraima, e-mail: helio@cpafrr.embrapa.br

⁵ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Solos, e-mail: balieiro@cnps.embrapa.br

INTRODUÇÃO

A *Acacia mangium* (acácia) é uma espécie leguminosa nativa da Austrália e Papua Nova Guiné que tem sido plantada em diferentes regiões do planeta para diversos usos. Por ser de rápido crescimento (Ghosh & Verma, 2006), apresentar baixa exigência nutricional (Dias *et al.*, 1994), aportar quantidades expressivas de nutrientes ao solo via serapilheira (Andrade *et al.*, 2000) e estabelecer simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos (Sun *et al.*, 1992; Ghosh & Verma, 2006), essa espécie tem sido bastante utilizada em programas de recuperação de áreas degradadas em diversos países, inclusive no Brasil (Franco & Faria, 1997; Duguma *et al.*, 1994; Garay *et al.*, 2003). Por outro lado, plantios comerciais dessa essência florestal com fins de produção de celulose e madeira são comuns na Ásia, especialmente na Indonésia (N.R.C., 1983) e ainda pouco expressiva no Brasil, embora haja aptidão edafoclimática favorável (Andrade *et al.*, 2000).

Roraima apresenta grande área de Cerrado, no qual o solo possui baixa fertilidade natural, baixo teor de matéria orgânica e reduzida capacidade de retenção de água (Melo *et al.*, 2004). Entretanto, embora estas características possam representar limitações para culturas mais exigentes, ao cultivo da *Acacia mangium* essas áreas têm mostrado aptidão. Desta forma, a partir do final dos anos 90 do século passado, foram estabelecidos plantios de acácia no Cerrado de Roraima com o objetivo de aproveitamento para madeira e celulose. Em função dos resultados iniciais animadores e investimentos estrangeiros, os plantios expandiram-se significativamente, despertando a preocupação quanto ao impacto ambiental da conversão do lavrado em plantios florestais homogêneos. Essas preocupações vão desde o possível impacto sobre os recursos hídricos e da biodiversidade, até as alterações nos estoques de carbono e na qualidade do solo.

A introdução de cultivos anuais ou perenes em ecossistemas naturais altera os fluxos de energia e nutrientes no sistema, com conseqüências muitas vezes negativas aos estoques de carbono do solo e na biodiversidade (Luizão *et al.*, 1992; Corazza *et al.*, 1999; Sposito & Zabel, 2003; Remigi *et al.*, 2008).

Estudos conduzidos em regiões tropicais têm mostrado que a introdução da *Acacia mangium* e de outras espécies vegetais de rápido crescimento, pode reduzir e alterar a composição, funcionalidade e a diversidade da comunidade microbiana do solo (Andrade, 1999; Remigi *et al.*, 2008), tornando imprescindível a avaliação dos impactos da introdução desta espécie exótica sobre os diferentes componentes do ecossistema.

Em solos intemperizados, como os encontrados no Cerrado de Roraima, a dinâmica da matéria orgânica é extremamente importante, influenciando na fertilidade e qualidade do solo e, conseqüentemente, em sua capacidade produtiva. Esta

dinâmica é regida por diversos fatores e caracterizada por transformações que dependem da biomassa microbiana do solo e resulta na disponibilidade ou indisponibilidade de nutriente às plantas (De-Polli & Guerra, 1999).

O estoque de C do solo compreende frações intimamente associadas aos minerais, até frações mais lábeis, pouco ou não associadas à fração mineral, como os resíduos vegetais existentes entre e dentro de agregados do solo (Roscoe & Machado, 2002). O C associado à biomassa microbiana é o componente mais ativo da fração lábil, pois transforma e transfere energia e nutrientes para os demais componentes do ecossistema, sendo atualmente usado, conjuntamente com outros atributos, como indicador da qualidade ambiental e da sustentabilidade de agroecossistemas (De-Polli & Guerra, 1999; Haynes *et al.*, 2000).

Tanto o C carbono orgânico do solo quanto o C da biomassa microbiana têm sido utilizados como indicadores de alterações e de qualidade do solo, uma vez que estão associados às funções ecológicas do ambiente e são capazes de refletir as mudanças de uso do solo (Jackson *et al.*, 2003).

Neste sentido, este trabalho objetivou avaliar os efeitos de plantios de *Acacia mangium*, localizados no Cerrado do Estado de Roraima, sobre o carbono orgânico e biomassa microbiana do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

DESCRIÇÃO DOS LOCAIS DE COLETA E AMOSTRAGEM

No mês de agosto de 2006 foram coletadas amostras de solo no Campo Experimental Água Boa (CEAB) da Embrapa Roraima (latitude 2° 39' 48" N e longitude 60° 50' 15" W) e na fazenda Cigolina (núcleo Jacitara) da empresa Ouro Verde Agrosilvopastoril Ltda. (latitude 2° 7' 19" N e longitude 60° 46' 6" W), ambos locais no município de Boa Vista. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical chuvoso, com precipitação média anual de, aproximadamente, 1600 mm e umidade relativa do ar em torno de 70%.

No CEAB foi amostrado o solo em um plantio de acácia, implantado em um Latossolo Amarelo há cerca de 5 anos e, também, em uma área de referência não cultivada no Cerrado, denominada de Cerrado nativo (CN). Anteriormente, o plantio de acácia em questão fez parte de um experimento para estudo de sistema agroflorestal, cujo plantio das mudas foi realizado em seqüência da cultura da soja. A estrutura de plantio das acácias corresponde à disposição das plantas em faixas com duas linhas de plantio (espaçamento de 6 m entre linhas e 2,5 m entre plantas e cerca de 30 m entre faixas), tendo sido a amostragem realizada entre as linhas de plantio. Antes do plantio da soja havia sido realizada a aplicação de 600 kg ha⁻¹ de calcário e 230 kg ha⁻¹ da fórmula 10-26-26 e,

no plantio das acácias foram aplicados 100 g de calcário, 3 litros de esterco de gado, 250 g da fórmula 10-26-26 e 150 g de uréia por cova de plantio.

Na fazenda Cigolina foi amostrado o solo em um plantio homogêneo de acácia (espaçamento de 3,6 m entre linhas e 2,0 m entre plantas), implantado também em Latossolo Amarelo há cerca de 5 anos, e uma área de referência no Cerrado ainda não cultivado, denominado também de CN, o qual apresentava sinais de pastejo bovino esporádico. No plantio de acácia neste local a amostragem foi realizada tanto na entrelinha, quanto entre as plantas, isto porque, por ocasião da implantação da lavoura, havia sido feita gradagem com o objetivo de formar camalhão para o plantio das mudas. Neste local, a adubação de plantio foi constituída por 500 kg ha⁻¹ de calcário aplicado na linha de plantio e aplicação de 100 g da fórmula 4-28-20 por cova de plantio.

Em cada um dos plantios de acácia e também no CN foram coletadas três amostras compostas por dez amostras simples de solo. As amostras foram coletadas com auxílio de trado tipo holandês, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. As amostras foram analisadas quanto à fertilidade, textura e carbono orgânico do solo (Embrapa, 1997), e quanto ao carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), respiração basal do solo (RBS) e quociente metabólico (qCO_2).

DETERMINAÇÃO DO C-BMS, RBS E qCO_2 .

A determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) foi realizada pelo método de fumigação e extração (Vance *et al.* 1987), com o uso de 20 g de solo, fumigação com 1,0 mL CHCl₃ aplicado diretamente sobre o solo da amostra (Silva *et al.*, 2007; De-Polli & Guerra, 2008) e extração com 50 mL de K₂SO₄ a 0,5 mol L⁻¹. O cálculo do C-BMS (mg kg⁻¹ de C-BMS no solo) foi realizado por meio das fórmulas: C-BMS= FC kc⁻¹, em que FC = CSF-CSNF, sendo CSF o teor de C extraído do solo fumigado, CSNF o teor de C extraído do solo não fumigado e kc – fator de correção (utilizado valor de 0,33). O CSF ou CSNF = (Vb-Va) CSFA 0,003 50 (8 Ms)⁻¹, em que Vb – volume (mL) de (NH₄)₂Fe(SO₄)₂.6H₂O (SFA) gasto na titulação da solução do ensaio em branco; Va – volume (mL) de (NH₄)₂Fe(SO₄)₂.6H₂O (SFA) gasto na titulação da solução do ensaio com a amostra; CSFA = concentração do SFA (mol L⁻¹) e, Ms= massa da amostra de solo seco (g). Para estimar a respiração basal do solo (RBS), seguiu-se o procedimento descrito por Jenkinson & Powlson, (1976), utilizando-se frações de 50 g de solo incubadas hermeticamente em frascos de vidro na presença de 10 mL de NaOH a 0,5 mol L⁻¹ por 5 dias. O cálculo da RBS (μg kg⁻¹ h⁻¹ C-CO₂ no solo) foi realizado pela fórmula: RBS = Vb - Va CHCl 6 1000 Ms⁻¹ T⁻¹, em que, Vb - volume de HCl (mL) gasto na titulação do NaOH do ensaio em branco; Va - volume de HCl (mL) gasto na titulação do NaOH do ensaio com a amostra, CHCl, concentração do HCl (mol

L⁻¹), Ms – massa de solo incubado seco (g); e T – tempo de incubação (h). O quociente metabólico (qCO_2) (μg g⁻¹ h⁻¹ de C-CO₂ do C-BMS), por sua vez, foi estimado pela razão entre a respiração basal do solo e o C da biomassa microbiana (Anderson & Domsch, 1990), seguindo a fórmula: $qCO_2 = (RBS)/C-BMS$.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados estatisticamente em esquema fatorial 2x2x2 - dois locais (CEAB e fazenda Cigolina), duas coberturas do solo (plantio de acácia e CN) e duas profundidades de amostragem (0-20 cm e 20-40 cm) – por meio de análise da variância pelo teste F e Tukey em 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise granulométrica do solo foi verificado que ambos os locais de estudo apresentam solos com textura arenosa (Embrapa, 2006). De modo geral, os valores de pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e fósforo (P) foram baixos ou muito baixos, conforme as tabelas de interpretação de análise de solos de Cerrado (Sousa & Lobato, 2004). Tal interpretação mostra a natureza distrófica dos solos do Cerrado Roraimense, típica de Latossolos desse bioma (Lopes, 1984; Melo *et al.*, 2004).

No CN, à exceção dos elementos Ca e Mg, cujos teores foram significativamente maiores na fazenda Cigolina, tanto nos primeiros 20 cm de profundidade, quanto 20-40 cm, não foram observadas diferenças significativas nos demais atributos químicos do solo (Tabela 1). Os maiores teores de Ca e Mg encontrados no CN da fazenda Cigolina indicam a possibilidade de ter sido realizada calagem em anos anteriores em virtude do possível uso da área para pastejo bovino, ou então uma variação natural do solo.

Na fazenda Cigolina foram observados valores de Ca significativamente maiores no solo do plantio de acácia em comparação ao CN na profundidade de 0-20 cm, o que não foi observado no CEAB. Na fazenda Cigolina os valores de cálcio e magnésio no plantio de acácia foram maiores em relação ao observado no CEAB (Tabela 1). Estes teores de Ca trocável do solo em ambas as áreas de plantio de acácia, embora baixos, não devem limitar o crescimento da acácia dada à baixa exigência por esse elemento na fase inicial de desenvolvimento (Dias *et al.*, 1994) e devido à boa performance que a espécie tem apresentado em áreas degradadas (Franco *et al.*, 1994; Campello, 1998; Chada *et al.*, 2004). Já os baixos teores de Mg, P e K podem causar restrições ao desenvolvimento dessa espécie tendo em vista que estão abaixo dos níveis críticos para várias espécies florestais (Neves *et al.*, 1990; Dias *et al.*, 1994; Balieiro *et al.*, 2004).

Tabela 1 - Resultado da análise de fertilidade e granulometria do solo em áreas de plantio de *Acacia mangium* (Acácia) e Cerrado nativo de referência (CN) em Roraima.

Profundidade	Local	Cobertura	pH (H ₂ O)	Al	Ca	Mg	K	P	Areia	Silte	Argila
				cmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³		g kg ⁻¹		
0-20cm	CEAB	Acácia	4,5aA	0,49aA	0,35aB	0,04aB	0,03aA	3,75aA	852aA	15aB	133aA
		CN	4,5aA	0,49aA	0,31aB	0,01aB	0,01bA	1,27bA	844aA	21aB	135aA
	Cigolina	Acácia	4,5aA	0,49aA	1,66aA	0,22aA	0,00aB	4,09aA	681aB	198aA	126aA
		CN	4,8aA	0,48aA	1,37bA	0,23aA	0,00aA	2,52bA	710aB	160aA	130aA
20-40cm	CEAB	Acácia	4,5aA	0,50aA	0,40aB	0,01aB	0,01aA	2,02aA	784aA	30aB	186aA
		CN	4,5aA	0,46aA	0,40aB	0,01aB	0,01aA	0,81bA	805aA	18aB	177aA
	Cigolina	Acácia	4,7aA	0,42aA	1,25aA	0,18aA	0,00aA	3,93aA	673aB	176aA	151aA
		CN	4,5bA	0,38aA	1,54aA	0,22aA	0,00aA	1,52bA	664aAB	160aA	176aA
CV (%)			0,85	5,96	3,99	34,65	41,14	34,59	3,32	3,95	4,94

* Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na mesma coluna, profundidade e local, não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade;
** Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na mesma coluna, profundidade e cobertura, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade;

Ainda quanto à análise química do solo, foi observado não haver diferenças significativas no pH e nos teores de Al, comparando-se os plantios de acácia com o CN, nos dois locais e profundidades (Tabela 1), embora hajam relatos na literatura que *Acacia mangium*, devido à grande extrusão radicular de H⁺ em virtude da elevada absorção de cátions, tenha a capacidade de acidificar o solo (Binkley & Giardina, 1997; Yamashita *et al.*, 2008).

Em relação ao carbono orgânico (C_{org}) não foram observadas diferenças no CN entre CEAB e fazenda Cigolina, tendo sido encontradas médias de 7,62 e 5,45 g kg⁻¹, respectivamente, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm (Tabela 2). Estes valores de C_{org} situam-se numa faixa observada para áreas de savanas da Amazônia por Desjardins *et al.* (1996), sendo relativamente baixos quando comparados a solos de áreas de florestas e transição floresta-savana (Luizão & Luizão, 1997). Estes menores teores de C_{org} nas savanas geralmente ocorrem pela limitação de acúmulo de matéria orgânica no solo, devido ao menor aporte de liteira, à alta taxa

de decomposição e, ainda, à textura arenosa do solo, como observado neste estudo (Tabela 1).

De forma semelhante, nos plantios de acácia, foram observados teores de C_{org} significativamente maiores nos primeiros 20 cm em ambos os locais do estudo. Entretanto, não foram observadas diferenças entre as coberturas nos dois locais e profundidades (Tabela 2).

A *A. mangium* é reconhecidamente uma espécie que aporta grande quantidade de liteira ao solo, principalmente por meio da queda de folhas, estruturas reprodutivas e ramos. Estudos conduzidos no Brasil e também na África, mostraram a entrada de cerca de 9-10 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de serapilheira em plantios de *A. mangium* ainda nos primeiros anos após a implantação (Bernhard-Reversat, 1993; Andrade *et al.*, 2000; Garay *et al.*, 2003). Este alto aporte de liteira associado a entrada de N biologicamente tende a aumentar o carbono orgânico do solo com o passar dos anos. Em solos arenosos das savanas africanas foi observado aumento significativo nos teores de carbono orgânico na interface liteira-solo, comparativamente com a

Tabela 2 - Carbono orgânico (C_{org}), carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico (qCO₂) e relação C-BMS:C_{org} em amostras de solo de plantios de *Acacia mangium* (Acácia) e Cerrado nativo de referência (CN) em Roraima.

Profundidade	Local	Cobertura	C _{org}	C-BMS	RBS	qCO ₂	C-BMS:C _{org}
			g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	µg kg ⁻¹ h ⁻¹ C-CO ₂	µg g ⁻¹ h ⁻¹ de C-CO ₂ do C-BMS	%
0-20cm	CEAB	Acácia	8,2aA	322,3aA	380,0aA	1,2bB	3,9aA
		CN	8,0aA	191,6bA	330,0bA	1,7aA	2,4bA
	Cigolina	Acácia	7,3aA	171,9aB	360,0aA	2,1aA	2,3aB
		CN	7,2aA	152,0aA	330,0aA	2,2aA	2,1aA
20-40cm	CEAB	Acácia	6,8aA	192,9aA	420,0aA	2,2bB	2,8aA
		CN	5,7aA	96,0bA	330,0A	3,4aA	1,7bA
	Cigolina	Acácia	5,7aA	69,1aB	270,0aB	3,9aA	1,2aB
		CN	5,2aA	68,9aA	290,0aA	4,2aA	1,3aA
CV (%)			19,0	18,8	21,6	21,3	14,5

* Médias seguidas das mesmas letras minúsculas, na mesma coluna, profundidade e local, não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade;
** Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas, na mesma coluna, profundidade e cobertura, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. * Mean followed by same small letters, in the same column, depth and site do not differ statistically for Tukey test in 5% of probability.

savana não cultivada a partir de 7-8 anos do plantio (Bernhard-Reversat, 1993).

Neste estudo, embora visualmente houvesse abundância de folhas e ramos sobre o solo nos plantios de acácia, não se estimou a entrada de liteira. Entretanto, esperar-se-ia maior aporte nos plantios de acácia em relação ao CN e que esta liteira tenderia a aumentar o teor de carbono orgânico no solo. De fato, houve tendência de maiores valores de C_{org} nos plantios de acácia com valores absolutos até 16% maiores na cobertura com acácia (Tabela 2), evidenciando possíveis efeitos benéficos da introdução adicional de N via fixação biológica de N_2 na estabilização do C do solo (Sisti *et al.*, 2004; Resende *et al.*, 2006; Balieiro *et al.*, 2008). Isso indica a possibilidade de que, ao longo dos anos, deverá ocorrer aumento significativo nos estoques de carbono do solo (Bernhard-Reversat, 1993; Resh *et al.*, 2000). Também é importante destacar que, na média geral, houve tendência de maior acúmulo do C_{org} em profundidade (Tabela 2), mostrando a possibilidade de incremento de carbono no perfil do solo e não apenas em superfície.

A avaliação do C-BMS mostrou que a cobertura com acácia proporcionou valores significativamente maiores comparativamente ao CN, e os teores de C-BMS dessa cobertura no CEAB foram maiores que os da fazenda Cigolina, tanto na profundidade de 0-20 cm como 20-40 cm, chegando a ocorrer diferenças de mais de 45% de um local para outro (Tabela 2, Figura 1). Ao contrário, não ocorreram diferenças significativas no CN entre os dois locais em nenhuma das profundidades (Tabela 2).

Semelhantemente ao C-BMS, também foram observados maiores valores de RBS nos plantios de acácia em comparação ao CN nas duas camadas de solo amostrados (Tabela 2). Entretanto, diferentemente do C-BMS, entre locais, apenas

houve diferenças na cobertura com acácia na profundidade de 20-40 cm, sendo o maior valor observado no CEAB (Tabela 2).

Em relação ao qCO_2 , foi observado que o CN, no CEAB, não apresentou diferença significativa do CN da fazenda Cigolina, ao passo que a acácia no CEAB ocasionou redução significativa do qCO_2 em comparação com a fazenda Cigolina (Tabela 2, Figura 1). Na média dos dois locais, foi observado que a cobertura com acácia reduziu o qCO_2 em cerca de 20%, em ambas as profundidades. Esse talvez seja um indicativo de que a introdução de N adicional, via fixação biológica de N_2 em simbiose com bactérias do grupo rizóbio, esteja sendo usado para a construção da biomassa microbiana e, por consequência, do C do solo.

É importante destacar que a fauna de invertebrados do solo pode apresentar papel importante na elevação do C-BMS, isto porque tem sido observado aumento na abundância destes organismos nos plantios de acácia, comparativamente à savana na África (Bernhard-Reversat, 1993). Neste caso, a liteira da acácia enriquecida em N seria atacada pela fauna de invertebrados e, a partir dos seus resíduos, haveria favorecimento ao desenvolvimento microbiano. Esta dinâmica também tem sido utilizada para justificar a taxa de humificação mais rápida observada em plantios de acácias comparativamente com eucaliptos em solos arenosos das savanas africanas (Bernhard-Reversat, 1993).

No CN utilizado como referência, onde provavelmente existia maior estabilidade na dinâmica de carbono no solo, ou seja, equilíbrio entre a entrada e decomposição de liteira, foram constatados valores de C-BMS da ordem de 150-200 $mg\ kg^{-1}$ de solo, nos primeiros 20 cm de profundidade, e da ordem de 65 a 100 $mg\ kg^{-1}$ na profundidade de 20-40 cm. Com a introdução dos plantios de acácia, houve ativação da biomassa microbiana no solo, em ambas as profundidades, refletida tanto pela elevação do C-BMS quanto pela RBS

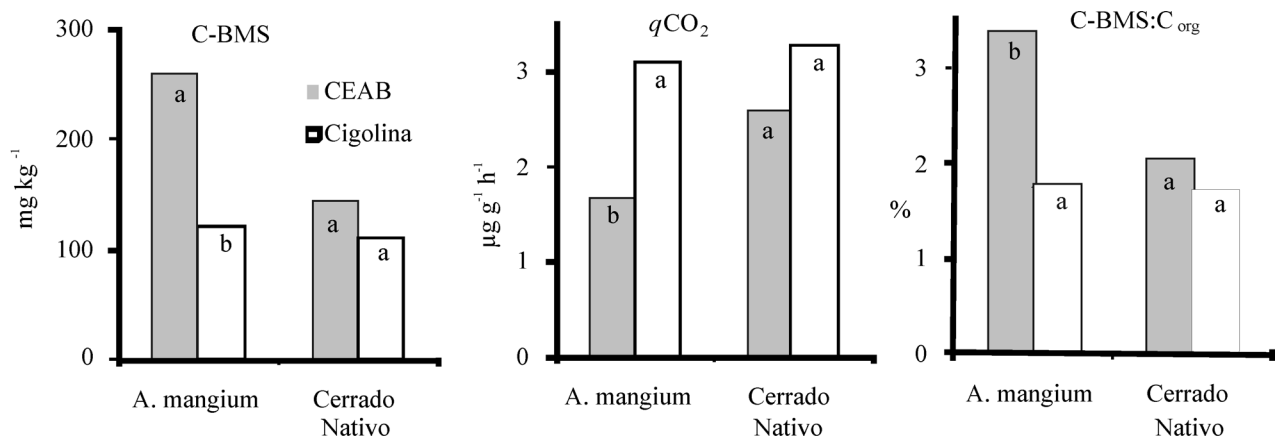


Figura 1 - Média do carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), quociente metabólico (qCO_2) e relação C-BMS: C_{org} entre amostras de solo de plantios de *Acacia mangium* e Cerrado nativo de referência.

* Médias seguidas das mesmas letras para uma mesma variável e cobertura não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

(Tabela 2, Figura 1). Esta ativação parece ter sido decorrente do fornecimento de substrato de melhor qualidade nutricional proporcionado pela deposição de liteira das plantas de acácia (Bernhard-Reversat, 1993; Andrade *et al.*, 2000).

De fato, a dinâmica da biomassa microbiana do solo nas diferentes formações vegetais de Roraima é ainda muito pouco conhecida, tendo sido mostrada grande flutuação dos valores desse parâmetro em um transecto floresta-savana na ilha de Maracá, ocorrendo valores na savana de até 510 mg kg⁻¹ C-BMS (Ross *et al.*, 1992).

A *A. mangium* apresenta alta capacidade de retranslocar nutrientes das folhas senescentes para outros tecidos da planta, o que lhe fornece ampla rusticidade e potencial para ser utilizada na recuperação de áreas degradadas. Porém, isso implica em liteira com menores teores de nutrientes quando comparada à outras leguminosas (Halenda, 1989; Andrade *et al.*, 2000). Por outro lado, como a acácia é uma leguminosa fixadora de nitrogênio, produz liteira mais enriquecida com esse nutriente quando comparada a liteira do CN que é composta, em sua grande maioria, por vegetação graminácea. Neste caso, o fornecimento de N teria favorecido o desenvolvimento microbiano, especialmente por este ser limitado nas savanas de Roraima.

Esta suposta melhor qualidade da liteira proporcionada pelas plantas de *A. mangium* está também refletida na relação C-BMS:C_{org}, que representa o acúmulo de carbono nos microrganismos sem alterações no estoque de carbono do solo (Gama-Rodrigues, 1997). Foi observado que a relação C-BMS:C_{org} chegou a quase 4% no plantio de acácia no CEAB, enquanto no CN este valor foi menor que 2,4, sendo significativamente inferior (Tabela 2, Figura 1).

O C-BMS é reconhecido como um indicador de qualidade do solo capaz de mostrar as alterações no ambiente em uma fase anterior às alterações no teor de matéria orgânica do solo (Cattelan & Vidor, 1990; Haynes, 2000). Desta forma, os maiores valores do C-BMS observados nos plantios de acácia, e também de menor qCO_2 , indicariam que a acácia estaria atuando como fonte de carbono ao solo.

Embora diferenças entre os plantios de acácia e o CN tenham sido observadas tanto para o C-BMS solo, RBS, qCO_2 e a relação C-BMS:C_{org} no CEAB; na fazenda Cigolina elas não ocorreram (Tabela 2). E, além disso, estas variáveis foram também significativamente maiores no plantio de acácia do CEAB comparado ao plantio de acácia da fazenda Cigolina (Figura 1).

Descartada a possibilidade de que o efeito dos plantios de acácia nos microrganismos do solo tenha ocorrido em função da fertilidade e textura do solo, pois não foram encontradas diferenças expressivas entre os dois locais (Tabela 1), há

indicativo de que a estrutura de plantio das acácias estaria interferindo na biomassa microbiana do solo.

Na fazenda Cigolina, estudou-se um plantio homogêneo no qual a estrutura do dossel encontrava-se fechada, com pouca luminosidade e com nenhuma entrada de liteira de outras fontes, exceto da acácia. Ao contrário, no CEAB, devido à disposição do plantio em faixas com duas linhas sendo as faixas espaçadas umas das outras por 30 m, houve maior entrada de luminosidade e liteira de outras fontes, além da acácia. Desta forma, deve-se buscar novos trabalhos que fortaleçam ou validem as hipóteses levantadas para os mecanismos de formação de biomassa e estabilização do carbono no solo nos plantios de acácia.

O plantio de acácia no CEAB pode ter sofrido efeito de borda (Desjardins *et al.*, 1996), no qual os fatores presentes no CN, como a entrada de liteira, o ingresso de invertebrados do solo e a própria luminosidade atuam dentro do plantio da acácia. Neste caso, as plantas de acácia neste local seriam meras fornecedoras de substrato para os organismos que habitam o CN.

Ao contrário, na fazenda Cigolina teria ocorrido o isolamento dos organismos do solo, previamente existente no Cerrado, além da restrição a entrada de luz e liteira de outras fontes, devido à profunda alteração do ambiente. Este isolamento teria levado à seleção de microrganismos menos eficientes na assimilação e utilização do carbono (Alexander, 1977; Sakamoto & Oba, 1994).

CONCLUSÕES

1 – Os plantios de *Acacia mangium* com cinco anos de idade não contribuíram para o aumento do carbono orgânico do solo em área de Cerrado de Roraima;

2 – O plantio homogêneo de *Acacia mangium* não proporcionou alteração na biomassa microbiana do solo comparativamente ao Cerrado de referência;

3 – O plantio de *Acacia mangium* em fileiras duplas proporcionou aumento da biomassa microbiana do solo em relação ao plantio homogêneo e ao Cerrado de referência.

AGRADECIMENTOS

Ao pesquisador da Embrapa Roraima Dalton Roberto Schwengber pelas informações sobre o plantio de *A. mangium* no Campo Experimental Água Boa – Boa Vista RR e a Empresa Ouro Verde Agrosilvopastoril Ltda. pela permissão para coleta de amostras de solo nos plantios de *A. mangium*.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Alexander, M. 1977. Microbial transformation of sulfur. p. 350-367. In: Alexander, M. (Ed.). *Introduction to soil microbiology*, 2a edição. John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
- Anderson, T.H.; Domsch, K.H. 1990. Application of eco-physiological quotients ($q\text{CO}_2$ and $q\text{D}$) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry*, 22: 251-255.
- Andrade, A.G. 1999. *Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas*. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 204pp.
- Andrade, A.G.; Costa, G.S.; Faria, S.M. 2000. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpinifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em Planossolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 777-785.
- Balheiro, F.C.; Pereira, M.G.; Alves, B.J.R.; Resende, A.S.; Franco, A.A. 2008. Soil carbon and nitrogen in pasture soil afforested with eucalyptus and guachapele. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32: 1253-1260.
- Balheiro, F.C.; Dias, F.C.; Franco, A.A.; Campello, E.F.C.; Faria, S.M. 2004. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* willd. *Ciência Florestal*, 14: 59-65.
- Bernhard-Reversat, F. 1993. Dynamics of litter and organic matter at the fast-growing tree plantations on sandy ferrallitic soils (Congo). *Acta Ecologica*, 14: 179-195.
- Binkley, D.; Giardina, C. 1997. Nitrogen fixation in tropical forest plantations. p. 297-337. In: Nambiar, E.K.S; Brown, A.G. (Eds). *Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests*. ACAIR/CSIRO/CIFOR, Canberra, Austrália.
- Campello, E.F.C. 1998. Sucessão vegetal na recuperação de áreas degradadas. p. 183-196. In: Dias, L.E.; Mello, J.W.V. (Eds.). *Recuperação de Áreas Degradadas*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa/Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas.
- Cattelan, A.J.; Vidor, C. 1990. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 14: 125-132.
- Chada, S.; Campello, E.F.C.; Faria, S.M. 2004. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas. *Revista Árvore*, 28: 801-809.
- Corazza, E.J.; Silva, J.E.; Resck, D.V.S.; Gomes, A.C. 1999. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23: 425-432.
- De-Polli, H.; Guerra, J.G.M. 2008. Carbono, nitrogênio e fósforo da biomassa microbiana do solo. p. 263-276. In: Santos, G. de A.; Silva, L.S. da; Canellas, L.P.; Camargo, F.A.O. (Eds.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2ª. edição revisada e atualizada. Metrópole, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Silva, E.E. da; Azevedo, P.H.S de; De-Polli, H. 2007. *Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C)*. Seropédica, Embrapa Agrobiologia. 6p. (Comunicado Técnico 98).
- Desjardins, T.; Carneiro-Filho, A.; Mariotti, A.; Chauvel, A.; Girardin, C. 1996. Changes of the Forest-savanna boundary in Brazilian Amazonia during Holocene as revealed by soil organic carbon isotope ratios. *Oecologia*, 108: 794-756.
- Dias, L.E.; Franco, A.A.; Campello, E.F.C. 1994. Dinâmica de material orgânica e de nutrientes em solo degradado de bauxita e cultivado com *Acacia mangium* e *Eucalyptus pellita*. p. 145-153. In: Simpósio Sul-Americano e Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, 2. Foz do Iguaçu. *Anais*, Foz do Iguaçu.
- Duguma, B.; Tonye, J.; Kanmegne J.; Manga, T.; Enoch, T. 1994. Growth of ten multipurpose tree species on acid soils in Sangmelima, Cameroon. *Agroforestry Systems*, 27: 107-119.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. 2006. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2 ed. Rio de Janeiro, 306 pp.
- Franco, A.A.; Faria, S.M. 1997. The contribution of N_2 -fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. *Soil Biology and Biochemistry*, 29: 897-903.
- Gama-Rodrigues, E.F. 1999. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. p. 227-240. In: Santos, G.A.; Camargo, F.A.O. (Eds). *Fundamentos da matéria orgânica do solo*. Gênese, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Garay, I.; Kindel, A.; Carneiro, R.; Franco, A.A.; Barros, E.; Abbadie, L. 2003. Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 705-712.
- Ghosh, S.; Verma, N.K. 2006. Growth and mycorrhizal dependency of *Acacia mangium* Willd. inoculated with three vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in lateritic soil. *New Forests*, 31:75-81.
- Halenda, C. 1989. Nutrient content of na *Acacia mangium* plantation. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports*, 7: 46-48.
- Haynes, R.J. 2000. Labile organic matter as an indicator of organic matter quality in arable and pastoral soils in New Zeland. *Soil Biology and Biochemistry*, 32: 211-219.
- Jackson, L.E.; Calderon, F.J.; Steenwerth, K.L.; Scow, K.M.; Rolston, D.E. 2003. Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality. *Geoderma*, 114: 305-317.
- Jenkinson, D.S.; Powlson, D.S. 1976. The effects of biocida treatment on metabolism in soil - V. Method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 8: 209-213
- Lopes, A.S. 1984. *Solos sob "cerrado": Características, propriedades e manejo*. 2ª ed. Potafos, Piracicaba, SP, Brasil. 162pp.
- Luizão, F.J., Luizão, R.C.C. 1997. Matéria orgânica do solo em Roraima. p. 363-379. In: Barbosa, R.I.; Ferreira, E.J.G.; Castellón, E.G. (Eds). *Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima*. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA). Manaus, Amazonas.

- Luizão, R.C.C.; Bonde, T.A.; Rosswall, T. 1992. Seasonal variation of soil microbial biomass—the effect of clear felling a tropical rain Forest and establishment of pasture in the Central Amazon. *Soil Biology and Biochemistry*, 24: 805-813.
- Melo, V.F.; Gianluppi, D.; Uchoa, S.C.P. *Características edafológicas dos solos do estado de Roraima*. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2003. 28p. (Embrapa Roraima. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1)
- National Research Council-N.R.C. 1983. *Mangium and other fast-growing acacias for the humid tropics*. Washington: National Academic Press, 65pp.
- Neves, J.C.L., Gomes, J.M., Novais, R.F. 1990. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. p. 99-126. In: Novais R.F., Barros, N.F. (Eds.). *Relação-solo eucalipto*. Folha de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.
- Ngoran, A.; Zakra, N.; Ballo, K.; Kouamé, C.; Zapata, F.; Hofman, G.; Van Cleemput, O. 2006. Litter decomposition of *Acacia auriculiformis* Cunn. ex Benth. and *Acacia mangium* Willd. under coconut trees on quaternary sandy soils in Ivory Coast. *Soil Biology and Biochemistry*, 43:102-106.
- Remigi, P.; Faye, A.; Kane, A.; Deruaz, M.; Thioulouse, J.; Cissoko, M.; Prin, Y.; Galiana, A.; Dreyfus, B.; Duponnois, R. 2008. The exotic legume tree species *Acacia holosericea* alters microbial soil functionalities and the structure of the arbuscular mycorrhizal community. *Applied and Environmental Microbiology*, 74: 1485-1493.
- Resende, A.S.; Macedo, M.; Campello, E.F.C.; Franco, A.A. 2006. Recuperação de áreas degradadas através da reengenharia ecológica. p. 315-340. In: Garay, I.; Becker, B.K. (Eds.). *Dimensões Humanas da Biodiversidade*. Editora Vozes. Petrópolis, Rio de Janeiro
- Resh, S.C.; Binkley, D.; Parrota, J.A. 2002. Greater soil carbon sequestration under nitrogen-fixing trees compared with *Eucalyptus* species. *Ecosystems*, 5: 217-231.
- Roscoe, R.; Machado, P.L.O. 2002. *Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica*. Embrapa Agropecuária Oeste/ Embrapa Solos, Dourados, MS/ Rio de Janeiro, RJ, 86pp.
- Ross, S.M. 1992. Soil and litter nutrient losses in forest clearings close to forest savanna boundary on Maracá Island, Roraima. p. 145-170. In: Furley, P.A.; Proctor, J.; Ratter, J.A. (Eds.). *Dynamics of forest-savanna boundaries*. Chapman & Hall, London, United Kingdom.
- Sakamoto, K.; Oba, Y. 1994. Effect of fungal to bacterial biomass ratio on the relationship between CO₂ evolution and total soil microbial biomass. *Biology and Fertility of Soils*, 17: 39-44.
- Sisti, C.P.J.; Santos, H.P.; Kohhann, R.; Alves, B.J.R.; Urquiaga, S.; Boddey, R.M. 2004. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. *Soil Tillage and Research*, 76: 39-58.
- Somdatta, G.; Verma, N.K. 2006. Growth and mycorrhizal dependency of *Acacia mangium* Willd. inoculated with three vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in lateritic Soil. *New Forests*, 31: 75-81.
- Sousa, D.M.; Lobato, E. 2004. *Cerrado: Correção do solo e adubação*. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, Distrito Federal, 416 pp.
- Sposito, G.; Zabel, A. 2003. The assessment of soil quality. *Geoderma*, 114: 143-144.
- Sun, J.S.; Simpson, R.J.; Sands, R. 1992. Nitrogenase activity of two genotypes of *Acacia mangium* as affected by phosphorus nutrition. *Plant and Soil*, 144: 51-58.
- Vance, E.D.; Brookes, P.C.; Jenkinson, D.S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, 19:703-707.
- Yamashita, O.S.; Hardjono, A. 2008. Soil changes induced by *Acacia mangium* plantation establishment: Comparison with secondary forest and *Imperata cylindrical* grassland soils in South Sumatra, Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 254: 362-370.

Recebido em: 10/07/2008

Aceito em: 13/10/2009