

Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental

Adônis Moreira⁽¹⁾ e Eurípedes Malavolta⁽²⁾

⁽¹⁾Embrapa Amazônia Ocidental, Caixa Postal 319, CEP 69011-970 Manaus, AM. E-mail: adonis@cmaa.embrapa.br ⁽²⁾Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Caixa Postal 96, CEP 13416-970 Piracicaba, SP. E-mail: mala@cena.usp.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações na atividade da biomassa microbiana como um indicador da dinâmica de C e N em solo submetido à sucessão de cobertura vegetal e de manejo na Amazônia Ocidental. Os trabalhos foram realizados em duas cronossequências: CA – sucessão floresta primária e cupuaçu (Theobroma grandiflorum) de três anos – e CB – sucessão floresta primária, pastagem de Brachiaria humidicola de oito anos e cupuaçu de três anos. A sucessão floresta primária-pastagem-cupuaçu afeta negativamente o estoque de C do solo, com diminuição significativa da matéria orgânica e do C da biomassa microbiana do solo, ao passo que na sucessão floresta primária-cupuaçu ocorre diminuição apenas do C da biomassa microbiana. A floresta primária apresenta menor quociente metabólico e maior relação C/N da biomassa, o que resulta em menor perda de carbono. O N da biomassa microbiana na camada de 0–10 cm, independentemente do manejo adotado, aumenta significativamente na área de cupuaçu, ao passo que o N total diminui. A concentração de amônio no solo diminui com a profundidade, de modo oposto ao verificado com o nitrato.

Termos para indexação: *Theobroma grandiflorum*, floresta primária, carbono, nitrogênio, respiração basal, quociente metabólico.

Dynamic of organic matter and microbial biomass in a soil under different management systems in the Western Amazon

Abstract – The objective of this work was to evaluate the alterations of the microbial biomass activity as an indicator of C and N dynamics in a soil submitted to the succession of plant cover and management in the Western Amazon. The work was carried out in two chronosequences: CA – a succession from primary forest to a three years old cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) plot – and CB – a succession from primary forest to an eight years old *Brachiaria humidicola* pasture and a three years old cupuaçu plot. The succession primary forest-pasture-cupuaçu affects negatively the stock of the soil carbon, with significant decrease of organic matter and C of the soil microbial biomass. The primary forest presents lower metabolic quotient and higher C/N ratio of the biomass, which results in less carbon loss. The N of the microbial biomass found in the 0–10 cm layer irrespective of the management adopted, increases significantly in the cupuaçu plot and the total N decreases. Ammonium concentration decreases according to soil depth, but this does not occur with nitrate.

Index terms: *Theobroma grandiflorum*, forest, nitrogen, carbon, basal respiration, metabolic quotient.

Introdução

A Bacia Amazônica abrange uma área no território brasileiro de aproximadamente 4,5 milhões de km², dos quais 75% são solos de baixa fertilidade (Sanchez et al., 1982), o que consiste num problema para qualquer tipo de cultivo, principalmente quando se considera a escassez de infra-estrutura da região no que se refere à disponibilidade de insumos agrícolas.

O uso da terra consiste no desmatamento, remoção da madeira com expressividade econômica e a posterior utilização de queimadas. A seguir, pode ocorrer a

introdução de culturas anuais, perenes ou formação de pastagens (Andreux & Cerri, 1989). Segundo Diez et al. (1991), as mudanças no conteúdo de nutrientes e nas propriedades físicas do solo têm sido relacionadas com diferentes formas de cultivo. Vários estudos relataram aumento no pH do solo, no teor de cátions trocáveis e redução da acidez trocável decorrentes do desmatamento e queima da floresta natural (Martins et al., 1991). O desmatamento também afeta significativamente o conteúdo de C e N do solo (Martins et al., 1991; Feigl, 1994).

Por esse motivo, a produtividade dos ecossistemas naturais e de agrossistemas introduzidos, e raramente fertilizados, depende da reciclagem dos nutrientes minerais contidos na serapilheira das plantas e da matéria orgânica do solo. O balanço entre produtividade primária e perdas por lixiviação, erosão, volatilização e exportação de nutrientes pelas culturas reflete sua sustentabilidade agrônômica (Fearnside, 1993).

A remoção da floresta para fins agrícolas causa uma quebra nos ciclos do carbono e dos nutrientes (Malavolta, 1987), os quais operam graças à entrada fotossintética do gás carbônico e à decomposição acelerada e contínua da matéria orgânica do solo (MO), realizada pelos microorganismos. Nesse contexto, a alteração da qualidade e da quantidade de matéria orgânica afeta a atividade da biomassa microbiana.

Os efeitos das mudanças do uso da terra sobre a quantidade e qualidade da MO sob cultivos itinerantes ou pastagens ainda não são bem compreendidos, embora sejam reconhecidamente benéficos para a fertilidade do solo e além disso, o manejo adequado pode ser visto como um promotor da sustentabilidade da agricultura nos trópicos (Cerri et al., 1985).

Os microrganismos, mesmo representando uma pequena fração do total de matéria orgânica do solo, são responsáveis pelos processos de mineralização, contendo uma quantidade considerável de nutrientes (N, P, S, Zn e Cu) potencialmente disponíveis para as plantas (Jenkinson, 1988). A população microbiana tem sido considerada um indicador sensível das alterações no estoque de MO decorrentes do uso da terra (Sparling & Ross, 1993).

Apesar de sua importância, existe um número limitado de estudos sobre efeito do desflorestamento na MO, biomassa microbiana e população microbiana (Luizão et al., 1992; Feigl, 1994) em solos da Floresta Amazônica brasileira. A biomassa microbiana do solo, definida por Jenkinson & Ladd (1981) como o componente microbiano vivo, é composta de fungos, bactérias, microfauna e algas, com participação fundamental nos ciclos biogeoquímicos de interesse para a produtividade agrícola.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações na atividade da biomassa microbiana como indicador da dinâmica de C e N em solo submetido à sucessão de cobertura vegetal e de manejo na Amazônia Ocidental.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado em Latossolo Amarelo distrófico (Embrapa, 1999), cujas características químicas e físicas são apresentadas na Tabela 1. O local do

trabalho encontra-se nas coordenadas geográficas 3°8'25" LS e 59°52' LW, Município de Manaus, AM. O clima é tropical úmido, tipo Af, segundo a classificação de Köppen, com chuvas relativamente abundantes durante todo o ano (média de 2.250 mm), e a quantidade no mês de menor precipitação é sempre superior a 60 mm. A temperatura média da região é de aproximadamente 26°C (Vieira & Santos, 1987).

Foram estudadas duas cronosseqüências: CA – sucessão floresta primária e cupuaçu [Theobroma grandiflorum (Wild. ex Spreng.) Schum.] de três anos, na qual ocorreu somente retirada da madeira, abertura das covas, adubação e plantio (manejo 1) –, e CB – sucessão floresta primária e cupuaçu de três anos, plantado em área de pastagem de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schw., mantida por oito anos, com posterior abertura das covas, adubação e plantio (manejo 2). O manejo inicial das duas áreas consistiu no corte e remoção da madeira, enleiramento e queima do material vegetal.

Nas duas áreas foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0–10 cm, 10–20 cm, 20–40 cm e 40–60 cm, em transecto, 30 pontos distando 10 m entre eles, perfazendo no total 300 m. O delineamento estatístico utilizado foi de blocos casualizados com parcelas subdivididas (posição da amostragem) em dois tratamentos, ou seja, área de cultivo (cupuaçu) e floresta primária (controle), com três repetições. Nas duas cronosseqüências usaram-se os critérios estatísticos descritos por Longo (1999), que estabelecem que as repetições sejam tomadas ao longo da própria transecção, sendo que a soma de cada três pontos seqüenciais de amostragem de cada linha constituiu uma parcela.

Nas amostras de solo coletadas nas quatro profundidades, foram analisados os teores de MO e N total, por digestão sulfúrica, NH_4^+ e NO_3^- extraídos com solução de KCl 1,0 mol L⁻¹. A determinação da biomassa microbiana de C e N foi realizada somente na profundidade de 0–10 cm, pelo método de irradiação e extração (Ferreira et al., 1999). No cálculo do carbono da biomassa microbiana, utilizou-se Kc de 0,45 e 0,54 para C e N, respectivamente (Balota et al., 1998).

Outro método utilizado foi a determinação indireta mediante a respiração microbiana com IRGA (Infra Red Gas Analyzer), conforme Anderson & Domsch (1978). A respiração induzida foi transformada em biomassa microbiana pela fórmula:

Biomassa em mg C kg⁻¹ de solo = (respiração em $\mu\text{L CO}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \times 40,04) + 0,37$.

O fluxo de CO₂ (mL min⁻¹) foi determinado no IRGA nas amostras induzidas com 0,24 g de glicose + 0,50 g de talco inerte (Anderson & Domsch, 1978). A respiração basal ($\mu\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de C-CO₂ no solo) foi determinada nas mesmas amostras antes da indução, refletindo a atividade microbiana.

O quociente metabólico (qCO₂), que representa a quantidade de CO₂ liberado por unidade de biomassa microbiana, foi obtido pela divisão da respiração basal pelo carbono da biomassa microbiana do solo e os valores foram expressos em ($\mu\text{g CO}_2/\text{mg Cmin h}^{-1}) \times 10^{-4}$.

Após a determinação da atividade microbiana, o solo foi secado ao ar e peneirado, exceto nas análises de densidade e porosidade do solo, que foram realizadas em amostras indeformadas (Embrapa, 1997). Posteriormente, foram determinados os atributos químicos e físicos do solo (Tabela 1), segundo Mehlich (1984), Embrapa (1997) e Raij et al. (2001). As análises de

variância, o teste F, teste de comparação de contraste entre médias (Tukey a 5% de probabilidade) e as correlações foram feitas de acordo com Pimentel-Gomes (1990).

Resultados e Discussão

A conversão da floresta primária em cupuaçuza acarretou alterações nas características químicas e físicas do solo (Tabela 1). A mudança da cobertura vegetal e o tipo de manejo resultaram em aumentos significativos do pH, P, K, Ca, Mg e da densidade do solo e diminuição da concentração do Al trocável. Essas alterações foram decorrentes, principalmente, da prática da queima na abertura das áreas para o plantio, a qual introduz ao sistema grandes quantidades de cinzas provenientes da queima da floresta primária na camada superficial do solo, aumentando, muitas vezes, a fertilidade (Fernandes, 1999).

Apesar do aumento da fertilidade, o solo apresentou, nos três ecossistemas (floresta primária, manejo 1 e

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo da camada de 0–10 cm de profundidade das três coberturas vegetais⁽¹⁾.

Atributos	Cronossequência A		Cronossequência B	
	Floresta primária	Manejo 1 ⁽²⁾	Floresta primária	Manejo 2 ⁽³⁾
pH em H ₂ O	4,28B	4,40A	4,46a	4,77a
pH em KCl	3,85B	3,91A	3,97a	4,11a
pH em CaCl ₂	3,43B	3,59A	3,51b	3,71a
ΔpH	-0,44A	-0,49A	-0,48b	-0,65a
P – Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	2,94B	5,13A	1,95b	3,54a
P – resina (mg dm ⁻³)	9,80B	16,77A	10,25b	11,37a
P – Mehlich 3 (mg dm ⁻³)	1,78B	3,91A	3,10b	4,02a
K – Mehlich 1 (cmol _c dm ⁻³)	0,06B	0,12A	0,06b	0,11a
K – resina (cmol _c dm ⁻³)	0,06B	0,13A	0,12b	0,17a
K – Mehlich 3 (cmol _c dm ⁻³)	0,07B	0,13A	0,08b	0,14a
Ca – Mehlich 1 (cmol _c dm ⁻³)	0,19B	0,54A	0,41a	0,48a
Ca – resina (cmol _c dm ⁻³)	0,20B	0,61A	0,30a	0,40a
Ca – Mehlich 3 (cmol _c dm ⁻³)	0,37B	0,55A	0,71b	1,17a
Mg – Mehlich 1 (cmol _c dm ⁻³)	0,19B	0,36A	0,14b	0,26a
Mg – resina (cmol _c dm ⁻³)	0,25B	0,30A	0,25a	0,30a
Mg – Mehlich 3 (cmol _c dm ⁻³)	0,15B	0,22A	0,15b	0,38a
Al – KCl (cmol _c dm ⁻³)	1,60A	1,29B	1,50a	0,99b
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	8,16A	8,27A	8,11a	6,34b
m (%)	82,81A	62,25B	75,49a	52,28b
CTC (cmol _c dm ⁻³) – Mehlich 1	8,60B	9,29A	8,72a	7,19b
V (%)	3,95B	9,10A	5,93b	13,92a
Argila (g kg ⁻¹)	695,70A	711,63A	710,79a	725,44a
Densidade (g cm ⁻³)	0,79B	0,92A	0,79b	1,02a
Porosidade (m ³ m ⁻³)	0,71A	0,65B	0,69a	0,60b

⁽¹⁾Médias seguidas por letras distintas maiúsculas (cronossequência A) e minúsculas (cronossequência B) na mesma linha diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ⁽²⁾Manejo 1: cupuaçuza de três anos, cuja implantação não utilizou implementos agrícolas, havendo somente a retirada da madeira, abertura e adubação das covas e plantio. ⁽³⁾Manejo 2: cupuaçuza de três anos, instalado sob área de pastagem de *Brachiaria humidicula* (oito anos), com posterior adubação das covas e plantio.

manejo 2), baixos teores de nutrientes. Segundo Carvalho (1986), esses baixos valores podem ser considerados como um índice da evolução atingida pelo solo. O mesmo autor salientou que esses valores são atribuídos ao rápido intemperismo do material de origem, que apresenta baixos teores de bases, com pouco ou nenhum material primário. Esses baixos valores confirmaram o alto grau de evolução do solo (Latosolo Amarelo distrófico), com o hidrogênio e alumínio prevalecendo no complexo trocável, em substituição às bases (Falesi et al., 1969).

Entre as duas cronoseqüências, houve variação no conteúdo de nutrientes obtidos pelos extratores Mehlich 1, Mehlich 3 e resina (Tabela 1). Na CA, os maiores teores de P disponível foram obtidos com os extratores Mehlich 1 e resina, e o inverso ocorreu com o extrator Mehlich 3. A CB apresentou os maiores teores de K disponível (extratores Mehlich 1 e resina). A floresta primária estudada na CB apresentou o maior conteúdo de Ca disponível, independentemente do extrator utilizado. Estes resultados mostram a complexidade em se definir qual o extrator mais adequado na análise de rotina.

Os teores de N total nas duas cronoseqüências, corrigidos pelo teor de argila (Feller et al., 1991), indicaram que as mudanças na cobertura vegetal promovem uma diminuição significativa nos teores deste elemento no solo, com redução de 13,5% (0–10 cm), 4,3% (10–20 cm), 4,7%

(20–40 cm) e 7,6% (40–60 cm) na cronoseqüência A, e de 8,2% (0–10 cm), 11,0% (10–20 cm), 20,9% (20–40 cm) e 23,1% (40–60 cm) na B (Tabela 2). Essa diminuição deve-se, principalmente, à redução na quantidade de MO. A diminuição no conteúdo de N está associada a mudanças significativas na estrutura do solo, afetando sua atividade biológica.

Nas duas cronoseqüências, independentemente da cobertura vegetal, a camada de 0–10 cm apresentou os maiores teores de N, com diminuição significativa nas mais profundas (Tabela 2). Estes resultados corroboram os de Cerri (1989), que em solos da Bacia Amazônica, observou que a maior parte do N total encontra-se estocada na camada de 0–20 cm de profundidade. Essas variações nos teores de N total ocorrem em razão de uma série de fatores, como clima, pH, atividade microbiana, propriedades físicas do solo, manejo, vegetação e material de origem (Jenny, 1941; Longo, 1999).

Os teores de matéria orgânica (MO) apresentaram, nas duas cronoseqüências, comportamento similar ao do N total (Tabela 2). Os maiores valores foram encontrados na camada de 0–10 cm, havendo diminuição significativa nas camadas inferiores. A redução média nas camadas amostradas foi de 24,0% da camada de 0–10 cm para 10–20 cm, 22,6% da camada de 10–20 cm para 20–40 cm e 13,6% da camada de 20–40 cm para 40–60 cm.

Tabela 2. Matéria orgânica, nitrogênio total, amônio, nitrato, nitrogênio mineral e relação C/N nas camadas de 0–10 cm, 10–20 cm, 20–40 cm e 40–60 cm de profundidade⁽¹⁾.

Profundidade	Floresta		Manejo		Floresta		Manejo		Floresta		Manejo	
	MO	MO	N total	N total	N-NH ₄ ⁺	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N mineral	N mineral	C/N	C/N
	----- (g kg ⁻¹) -----				----- (mg kg ⁻¹) -----							
	Cronoseqüência A ⁽²⁾											
0–10	42,77aA	41,89aA	1,87aA	1,66aB	2,4aA	1,8aA	0,5aB	3,9aA	2,9aB	5,7aA	13,27aB	14,64aA
11–20	31,04bA	31,43bA	1,34bA	1,35bA	1,8abA	1,4abA	0,4aB	3,6abA	2,2abB	5,0aA	13,44aA	13,50bA
21–40	23,50cA	23,58cA	1,07cA	1,03cA	1,2bcA	1,1bcA	0,3aB	2,7bA	1,5bcB	3,8bA	12,73bB	13,28bA
41–60	19,65dA	18,96dA	0,97dA	0,90dA	0,7cA	0,5cA	0,2aB	2,7bA	0,9cB	3,2bA	11,90cB	12,67cA
CV (%)	17,74		13,97		15,44		18,14		22,21		10,30	
	Cronoseqüência B ⁽³⁾											
0–10	47,70aA	40,82aB	1,83aA	1,71aB	2,2aB	8,7aA	0,5aB	6,4aA	2,7aB	15,1aA	15,12abA	13,85aB
11–20	37,57bA	29,27bA	1,37bA	0,91bA	2,3aB	5,0bA	0,4aB	5,4aA	2,7aB	9,3bA	15,90aA	13,37abB
21–40	28,27cA	18,91cB	1,08cA	0,91cB	1,0bB	3,9cA	0,3aB	5,4aA	1,3bB	9,3bA	15,19abA	12,07bcB
41–60	23,41dA	14,33cB	0,94cA	0,76cB	0,5bB	4,0bcA	0,2aB	6,4aA	0,7bB	10,4bA	14,45bA	10,93cB
CV (%)	24,09		16,68		19,47		14,87		21,15		19,50	

⁽¹⁾Médias seguidas por letras distintas minúsculas na mesma coluna em cada cronoseqüência diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; médias seguidas por letras distintas maiúsculas na mesma linha e na mesma variável diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ⁽²⁾Cronoseqüência A: floresta primária e cupuaçuazal de três anos cuja implantação não utilizou implementos agrícolas, havendo somente a retirada da madeira, abertura e adubação das covas e plantio. ⁽³⁾Cronoseqüência B: floresta primária e cupuaçuazal de três anos, instalado sob área de pastagem de *Brachiaria humidicula* (oito anos), com posterior adubação das covas e plantio.

A sucessão da floresta primária por áreas de cultivo acarretou diferenças significativas no teor de MO em todas as camadas na cronoseqüência B; porém, na cronoseqüência A, não houve diminuição estatisticamente significativa da transecção na camada 0–10 cm (Tabela 2). Cerri (1989) e Longo (1999), também observaram que o conteúdo de C e de N no solo são variáveis, por estarem concentrados na camada superficial do solo, a qual sofre influência da serapilheira.

Na comparação das duas coberturas vegetais (floresta primária e cupuaçuza), não houve diferença significativa no conteúdo de matéria orgânica na CA (Tabela 2). Nye & Greeland (1964) também constataram que somente com a retirada da floresta e com a implantação de outra cultura, sem que ocorra algum distúrbio nas características físicas, o conteúdo de matéria orgânica no solo não é alterado. Choné et al. (1991) demonstraram que, com a implantação de culturas, especialmente pastagens, o estoque de C no solo se mantém estável, e em alguns casos pode até superar o conteúdo presente na floresta. Resultados inversos foram obtidos no solo sob cupuaçuzeiro com três anos de idade (Tabela 2). Segundo Demattê (1988), após a remoção da mata e com o cultivo contínuo, o teor de MO nos primeiros centímetros do solo decresce com o aumento da temperatura, as perdas por erosão, a maior atividade biológica, e principalmente com a redução da fonte supridora de resíduos orgânicos.

As relações C/N apresentaram comportamentos distintos nas duas cronoseqüências, quando comparadas com os teores de N e de MO. A relação C/N na floresta primária mostrou-se mais estável, com diferenças significativas a partir da camada de 20–40 cm na CA e na de 40–60 cm na CB, o que não foi observado nas áreas de plantio (Tabela 2). Nestas condições, a formação da MO está em equilíbrio, sofrendo pequenas alterações, o que não foi observado nas áreas de cultivo.

Na CB, a diferença na relação C/N entre as coberturas vegetais foi mais acentuada que na CA, mostrando que a diferenciação no manejo do solo altera significativamente o quociente (Tabela 2). Na média das quatro profundidades, houve aumento de 6,21% na relação C/N na transecção floresta primária/área de cultivo na cronoseqüência A, ao passo que na CB verificou-se redução de 17,30%.

A diminuição na relação C/N no cupuaçuza da cronoseqüência B pode estar relacionada ao aumento da população de leguminosas que surgem após o

enleiramento, queima do material vegetal e introdução de pastagem. Na floresta primária, o aumento da relação C/N e a diminuição da mineralização da matéria orgânica do solo geralmente ocorrem pela alta quantidade de folhas, ramos e galhos, que são de difícil decomposição (Vieira & Santos, 1987). A relação C/N na camada de 0–10 cm, nas duas cronoseqüências, situou-se na faixa de 10 a 15 encontradas por Falesi et al. (1969) em Latossolo Amarelo distrófico da região de Manaus, AM (Tabela 2).

A floresta primária apresentou, independentemente da cronoseqüência, semelhança nas quantidades de amônio, nitrato e nitrogênio mineral, havendo diferenças somente entre as áreas de manejo (Tabela 2). Independentemente das cronoseqüências, com exceção do amônio na CA, a concentração de amônio, nitrato e N mineral foram significativamente maiores nos cupuaçuza.

No solo sob floresta primária, a concentração de N nítrico foi sempre menor que a de N amoniacal, independentemente da camada amostrada, totalizando, na média, 20,0% do N mineral. Nas duas áreas sob cultivo, exceto na camada 0–10 cm da cronoseqüência B, as concentrações de nitrato foram maiores, o que demonstra a rápida conversão de NH_4^+ em NO_3^- . A maior presença de leguminosas e menores valores na relação C/N (Malavolta, 1987) nas áreas de cultivo, exceto na camada 10–20 cm da cronoseqüência A, devem ter acelerado o processo de nitrificação, que deve ocorrer mais lentamente nas áreas sob floresta. Trabalhos realizados por Piccolo (1994) demonstraram que o amônio foi a forma dominante de N inorgânico em solo sob floresta.

Ao contrário dos dados de Schroth et al. (2000), obtidos num estudo sobre a variabilidade espacial da mineralização do N, em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com dendezeiro, não houve incremento na quantidade de nitrato no perfil do solo, sendo os maiores teores encontrados na camada de 0–10 cm, o mesmo ocorrendo com o amônio (Tabela 2).

O C da biomassa microbiana determinada pelo método de irradiação e extração (IE) e o IRGA, apresentaram correlação significativa (Figura 1). Apesar da significância, a estimativa de C-CO₂ microbiano feita indiretamente com o IRGA revelou valores, na média, 3,45 vezes menores que o IE (Tabela 3).

O conteúdo do C da biomassa microbiana variou, na média, no método de irradiação e extração (IE) de 708,23 mg C kg⁻¹ de solo na floresta primária a

472,66 mg C kg⁻¹ de solo no manejo 1, e no IRGA, de 196,89 mg C kg⁻¹ de solo na floresta primária a 148,68 mg C kg⁻¹ de solo também no manejo 1 (Tabela 3).

Os valores obtidos nos dois métodos diferiram significativamente entre a floresta primária e a sucessão com cupuaçuzeiro, não havendo diferenças entre os dois tipos de manejo (Tabela 3). A menor taxa de decomposição na floresta primária foi, provavelmente, decorrente da maior relação C/N da biomassa microbiana. Altas relações (lignina + polifenóis)/N em material vegetal de diferentes espécies florestais indicam baixa capacidade

de mineralização de N, resultando em baixa taxa de decomposição (Gama-Rodrigues et al., 1997).

Cerri et al. (1985), estudando os efeitos da sucessão floresta primária e área de cultivo na qualidade do solo, verificaram a ocorrência de uma dispersão do carbono proveniente da serapilheira, que favoreceu a microbiota do solo. Com o desmatamento e queima do material vegetal, entretanto, ocorrem modificações nas características químicas, físicas e biológicas do solo, provocando, geralmente, considerável inibição da biomassa microbiana.

As amostras sob manejo 2 apresentaram menor atividade respiratória (respiração basal – 2,83 µg g⁻¹ dia⁻¹ de C-CO₂ no solo), diferindo estatisticamente da floresta primária e do manejo 1 (Tabela 3). A menor liberação de CO₂ nesse ecossistema indica menor atividade biológica, exceto em solos com alto teor de MO totalmente humificada. Este fato está diretamente relacionado com o C da matéria orgânica (Fernandes, 1999). O quociente metabólico (qCO₂) apresentou menor valor no solo sob floresta. Segundo Balota et al. (1998), a respiração basal por unidade de biomassa microbiana diminui em agroecossistemas mais estáveis, porém, com a substituição da cobertura vegetal ocorre decomposição mais acelerada dos resíduos vegetais, aumentando o quociente metabólico (Ocio & Brookes, 1990). Tais resultados indicaram relação inversa entre o qCO₂ e a biomassa microbiana, ou seja, maiores teores de carbono causam diminuição na atividade metabólica e aumento da biomassa microbiana (Balota et al., 1998).

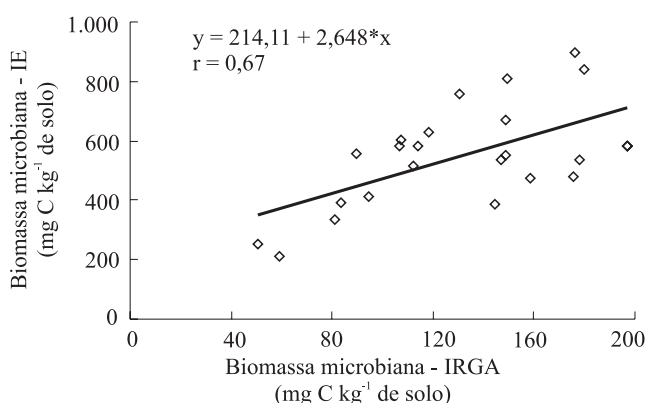


Figura 1. Relação entre a biomassa microbiana de carbono determinada por Infra Red Gas Analyzer (IRGA) e por irradiação extração (IE). *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3. Respiração basal, fluxo de CO₂, biomassa microbiana obtida por irradiação e extração (IE), biomassa microbiana obtida pelo IRGA, relação C_{min}/C_{org}, quociente metabólico e relação C/N da biomassa microbiana na camada de 0–10 cm de profundidade nas três coberturas vegetais⁽¹⁾.

Variável	Floresta primária	Manejo 1 ⁽²⁾	Manejo 2 ⁽³⁾
Respiração basal (µg g ⁻¹ dia ⁻¹ de C-CO ₂ no solo)	3,12a	3,21a	2,83b
Fluxo de CO ₂ (mL min ⁻¹)	494,99a	446,93a	494,62a
Biomassa microbiana (mg C kg ⁻¹ de solo) – IE	708,23a	472,66b	535,45b
Biomassa microbiana (mg C kg ⁻¹ de solo) – IRGA	196,89a	148,68b	149,77b
Biomassa microbiana (mg N kg ⁻¹ de solo) – IE	46,82b	77,34a	59,92a
C _{min} /C _{org} (%)	2,22a	1,94a	2,26a
qCO ₂ (µg CO ₂ /µg C _{min} h ⁻¹) x 10 ⁻⁴	6,60b	8,99a	7,87a
C/N da biomassa	15,13a	6,11c	8,94b

⁽¹⁾Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; C_{min}/C_{org}: biomassa microbiana/carbono orgânico total; qCO₂ (quociente metabólico): respiração basal/carbono microbiano (IRGA). ⁽²⁾Manejo 1: cupuaçuzeiro de três anos, cuja implantação não utilizou implementos agrícolas, havendo somente a retirada da madeira, abertura e adubação das covas e plantio. ⁽³⁾Manejo 2: cupuaçuzeiro de três anos, instalado sob área de pastagem de *Brachiaria humidicula* (oito anos), com posterior adubação das covas e plantio.

Conclusões

1. A sucessão floresta primária-pastagem-cupuaçuazal causa diminuição significativa da matéria orgânica e do C da biomassa microbiana do solo, ao passo que na sucessão floresta primária-cupuaçuazal ocorre diminuição apenas do C da biomassa microbiana.
2. Independentemente do manejo adotado, o N da biomassa microbiana da camada de 0–10 cm aumenta significativamente na área de cupuaçuazal, verificando-se o inverso com o N total.
3. A floresta primária apresenta menor quociente metabólico e maior relação C/N da biomassa, o que resulta em menor perda de carbono.
4. A concentração de amônio no solo diminui em profundidades maiores, diferentemente do que ocorre com o nitrato.

Agradecimentos

Ao CNPq e à Fapesp, pelo suporte financeiro.

Referências

- ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.10, p.215-221, 1978.
- ANDREUX, F.; CERRI, C.C. Current trends in the research on soil changes due to deforestation, burning and cultivation in the Brazilian tropics. **Toxicological and Environmental Chemistry**, v.20/22, p.275-283, 1989.
- BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.641-650, 1998.
- CARVALHO, A.F. **Caracterização física, química e mineralógica dos solos do Município de Humaitá – AM**. 1986. 166p. Tese (Livro docência) - Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita, Botucatu.
- CERRI, C.C. Dinâmica da matéria orgânica em solo de pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMA DE PASTAGEM, 1989, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, p.135-147, 1989.
- CERRI, C.C.; VOLKOFF, B.; EDUARDO, B.P. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.1-4, 1985.
- CHONÉ, T.; ANDREUX, F.; CORREA, J.C.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. Changes in organic matter in an Oxisol from the central Amazonian forest during eight years as pastures, determined by ¹³C isotopic composition. In: BERTHELIN, J. (Ed.). **Diversity of environmental biogeochemistry**. Amsterdam: Elsevier, 1991. p.397-405.
- DEMATTÊ, J.L.I. **Manejos de solos ácidos dos trópicos úmidos – Região Amazônica**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215p.
- DIEZ, J.A.; POLO, A.; CERRI, C.C.; ANDREUX, F. Efectos comparativos de cultivos intensivos sobre nutrientes em oxissolos desflorestados. **Turrialba**, v.41, p.150-159, 1991.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Embrapa-CNPS, 1999. 412p.
- FALESI, I.C.; CRUZ, E.S.; PEREIRA, F.B.; LOPES, E.C. **Os solos da área de Manaus-Itacoatiara**. Belém: Ipean, 1969. 116p.
- FEARNSIDE, P.M. Deforestation in Brazilian Amazonia: the effect of population and land tenure. **Ambio**, v.22, p.537-545, 1993.
- FEIGL, B.J. **Dinâmica da matéria orgânica do solo na sucessão floresta/pastagem na Amazônia (Rondônia)**. 1994. 68p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- FELLER, C.; FRITCH, E.; POSS, R. **Effect de la texture sur le stockage et la dynamique des matières organiques dans quelques sols ferrugineux et ferralitiques (Afrique de l'ouest, en particulier)**. Paris: Orstom, 1991. v.26, p.25-36.
- FERNANDES, S.A.P. **Propriedades do solo na conversão de floresta em pastagem fertilizada e não fertilizada com fósforo na Amazônia (Rondônia)**. Piracicaba, 1999. 131p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- FERREIRA, A.S.; CAMARGO, F.A.O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.991-996, 1999.
- GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.361-366, 1997.
- JENKINSON, D.S. Determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: WILSON, J.B. (Ed.). **Advances in nitrogen cycling**. Wallingford: CAB International, 1988. p.368-386.
- JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. (Ed.). **Soil biochemistry**. New York: Dekker, 1981. v.5.
- JENNY, H. **Factors of soil formation: A system of quantitative pedology**. New York: CAB International, 1941. 286p.
- LONGO, R.M. **Modificações em parâmetros físicos e químicos de latossolos argilosos decorrentes da substituição de floresta e de cerrado por pastagens**. 1999. 102p. Tese (Doutorado) - Universidade de Campinas, Campinas.
- LUIZÃO, R.C.C.; BONDE, T.A.; ROSSWALL, T. Seasonal variation of soil microbial biomass: The effects of clear-felling a tropical rainforest and establishment of pasture in the Central Amazon. **Soil Biology and Biochemistry**, v.24, p.805-813, 1992.
- MALAVOLTA, E. Fertilidade dos solos da Amazônia. In: VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.C. (Ed.). **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. p.374-416.

- MARTINS, P.F. da S.; CERRI, C.C.; VOLKOFF, B.; ANDREUX, F.; CHAUVEL, A. Consequences of clearing and tillage on the soil of a natural Amazonian ecosystem. **Forest Ecology and Management**, v.38, p.273-282, 1991.
- MEHLICH, A. Mehlich 3 soil test extractant; a modification of Mehlich 2 extractant. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.15, p.1409-1416, 1984.
- NYE, P.H.; GREELAND, D.J. Changes in the soil after clearing tropical forest. **Plant and Soil**, v.21, p.101-107, 1964.
- OCIO, J.A.; BROOKES, P.C. An evaluation of methods for measuring the microbial biomass in soils following recent additions of wheat straw and characterization of the biomass that develops. **Soil Biology and Biochemistry**, v.22, p.685-694, 1990.
- PICCOLO, M.C. **Comportamento do nitrogênio do solo em cronosseqüências de floresta-pastagem em Rondônia**. 1994. 69p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 284p.
- SANCHEZ, P.A.; BANDY, D.E.; VILLACHICA, J.H.; NICHOLAIDES, J.J. Amazon basin soils: Management for continuous crop production. **Science**, v.216, p.821-827, 1982.
- SCHROTH, G.; RODRIGUES, M.R.L.; D'ANGELO, S.A. Spatial patterns of nitrogen mineralization, fertilizer distribution and roots explain nitrate leaching from mature Amazonian oil palm plantation. **Soil Use and Management**, v.16, p.222-229, 2000.
- SPARLING, G.P.; ROSS, D.J. Biochemical methods to estimate soil microbial biomass: current development and applications. In: MULUNGOY, K.; MERCKX, R. (Ed.). **Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture**. Leuven: Willey-Sayce, 1993. p.21-37.
- VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.C. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo: Ceres, 1987. 416p.

Recebido em 25 de maio de 2004 e aprovado em 29 de setembro de 2004