

# Dinâmica da matéria orgânica na recuperação de clareiras da floresta amazônica

Adônis Moreira<sup>(1)</sup> e Danielle Gonçalves Costa<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Embrapa Amazônia Ocidental, Caixa Postal 319, CEP 69011-970 Manaus, AM. E-mail: adonis@cpaa.embrapa.br, danielle@cpaa.embrapa.br

**Resumo** – A retirada da floresta nativa e dos horizontes superficiais do solo provoca diminuição significativa da biomassa microbiana e fertilidade do solo. Com o reflorestamento dessas áreas ocorre uma recuperação lenta e contínua da quantidade e qualidade da matéria orgânica. O objetivo deste trabalho foi avaliar a fertilidade do solo e a dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana no reflorestamento de clareiras com diferentes idades. Os reflorestamentos das clareiras foram realizados em 2003, 2002, 2001, 1999 e 1993, com espécies nativas da região. A fertilidade do solo nas condições edafoclimáticas locais está associada ao conteúdo de matéria orgânica no solo. O reflorestamento aumenta o teor de matéria orgânica e a biomassa microbiana a partir do quarto ano, indicando a necessidade de um aporte inicial do conteúdo de carbono no solo, que poderá ser suprido com a utilização de gramíneas ou leguminosas forrageiras.

Termos para indexação: biomassa microbiana, reflorestamento, manejo do solo.

## Organic matter dynamics in the recovery of clearings of the Amazon forest, Brazil

**Abstract** – The removal of native forest as well as of the surface soil horizons causes a significant decrease of microbial biomass and soil fertility. A slow and continuous recovery of the amount and of the quality of organic matter occurs in these areas, with reforestation. The objective of this work was to evaluate the fertility, organic matter and microbial biomass dynamics in areas reforested at different ages. The reforested clearings were set up in 2003, 2002, 2001, 1999 and 1993, with native regional species. The soil fertility was associated to soil organic matter content. The reforestation increased significantly the organic matter and the microbial biomass after the fourth year, and this indicates the need of an initial soil supply of carbon content, which can be provided by grasses or legumes used for forage.

Index terms: microbial biomass, reforestation, soil tillage.

### Introdução

Na província petrolífera sob a concessão da Petrobras, localizada na região do Rio Urucu, AM, ocorrem desmatamentos para prospecção de gás natural e de petróleo e, principalmente, há a retirada de grandes quantidades de terra para construção de estradas, que propiciam manutenção aos gasodutos e infra-estrutura na realização dos trabalhos. Nestes locais, após a retirada da terra, a empresa realiza o reflorestamento com espécies nativas da região.

Apesar da grande exuberância, a floresta amazônica está estabelecida, em grande parte, em solos pobres em nutrientes minerais (Moreira & Malavolta, 2002), o que torna sua manutenção dependente dos ciclos geoquímico, bioquímico e biogeoquímico. Desse modo, os nutrientes no processo de ciclagem passam do meio biótico para o abiótico e vice-versa (Gerald et al., 1995), sendo esse

processo denominado de equilíbrio dinâmico (Poggiani & Schumacher, 2004).

Com a remoção da floresta esse ciclo é quebrado, alterando a qualidade e a quantidade de matéria orgânica do solo (Malavolta, 1987). Conseqüentemente, há uma diminuição da atividade da biomassa microbiana, principal responsável pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do solo (Dalal, 1998), e que exerce influência tanto na transformação da matéria orgânica quanto na estocagem do carbono e minerais, ou seja, na liberação e na imobilização de nutrientes (Jenkinson & Ladd, 1981). Os efeitos desta perturbação nas propriedades do solo interferem na capacidade de regenerar a floresta ou mesmo na introdução de outras plantas (Nascimento & Homma, 1984).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a fertilidade do solo e a dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana no reflorestamento de clareiras com diferentes idades.

## Material e Métodos

Os trabalhos foram realizados no período de fevereiro a março de 2004, na província petrolífera do Rio Urucu (BOGPM – Base Operacional Geólogo Pedro de Moura, Petrobras, BR), situada nas coordenadas geográficas 4°53'S e 65°11'W, Município de Coari, AM.

As áreas situam-se em Argissolo distrófico; o clima é tropical úmido, tipo Afi pela classificação de Köppen, apresentando chuvas relativamente abundantes durante todo o ano (média de 2.250 mm), sendo que a precipitação no mês em que menos chove é sempre superior a 60 mm. A temperatura média anual da região é de aproximadamente 26°C (Vieira & Santos, 1987).

Uma cronosequência formada por floresta primária de referência e em áreas de reflorestamento (clareiras) realizado em 2003, 2002, 2001, 1999 e 1993 (0, 1, 2, 4 e 10 anos de idade) foi estudada, utilizando-se as seguintes espécies nativas da região: lacre (*Vismia guianensis*), ingá (*Inga* sp.), angelim-pedra (*Dinizia excelsa*), goiaba-de-anta (*Bellucia dichotoma*), imbaúba (*Pourouma bicolor* ssp. *bicolor*), angico (*Abarema piresii*) e sucuúba (*Himantanthus sucuuba*). O plantio das mudas foi realizado em covas de 40x40x40 cm, e no seu enchimento foram utilizados 5 L de composto orgânico e 200 g do formulado 10-10-10 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O).

Foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0–10 cm (Feigl et al., 1995). Em cada área retiraram-se cinco subamostras, sendo a primeira coleta no centro da área e as demais a 25 m, orientadas na direção dos pontos cardeais (Moraes et al., 1996). Depois de coletadas, as amostras foram acondicionadas em sacos de plástico e guardadas em geladeira. Procedeu-se a retirada dos resíduos vegetais e, posteriormente, determinou-se a umidade do solo. Após a realização das análises microbiológicas, o restante do solo foi secado ao ar, peneirado e levado ao laboratório para determinação do pH (água), C (Walkley-Black), P e K (extrator Mehlich 1), Ca, Mg e Al (extrator KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup>) e N total (Kjeldahl), conforme Embrapa (1997). O C foi transformado em matéria orgânica (MO), por meio da multiplicação pelo fator 1,724 (Embrapa, 1997).

A determinação da biomassa microbiana foi realizada conforme Anderson & Domsch (1978), e se baseia na determinação indireta mediante o aumento da taxa de respiração causada pela adição de glicose no solo. A respiração registrada no IRGA (Infra Red Gas Analysis) foi transformada em biomassa microbiana pela fórmula:

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

A respiração basal ( $\mu\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1} \text{ C-CO}_2$  solo) foi obtida na terceira leitura seqüencial (loop) do IRGA, antes da adição de 0,24 g de glicose e 0,50 g de talco inerte, refletindo a atividade microbiana (Anderson & Domsch, 1978). O fluxo de CO<sub>2</sub> (mL min<sup>-1</sup>) foi definido pela média da oitava, nona e décima leitura do aparelho. A adição de glicose nas amostras de solo foi realizada após a sexta leitura (loop).

O quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>), que representa a quantidade de CO<sub>2</sub> liberado por unidade de biomassa microbiana, foi obtido pela divisão da respiração basal pelo carbono da biomassa microbiana do solo. Os valores dessa variável foram expressos em  $\mu\text{g CO}_2/\mu\text{g C min h}^{-1} \times 10^{-2}$ .

As análises foram feitas com cinco repetições e os resultados estão expressos com base no solo seco. Por se tratar de um estudo de comparação de sistemas (tratamentos), as análises descritivas e as interpretações dos dados dos atributos químicos e biológicos do solo foram efetuadas conforme Costa Neto (1977). As análises de variância, o teste F e as correlações foram feitas segundo Pimentel Gomes (1990).

## Resultados e Discussão

Exceto o C e o N total, os demais atributos analisados apresentaram comportamento tendendo à normalidade (Tabela 1). Os altos coeficientes de variação corroboram os argumentos de Coelho (2003) sobre a alta variabilidade presente em cátions trocáveis, matéria orgânica e N inorgânico. A intensidade dessa variação espacial é decorrente do manejo adotado e, principalmente, da dependência dos processos de formação dos solos e de seu balanço no tempo e no espaço. Diferenças no material de origem, drenagem e atividade biológica podem causar grandes diferenças nos solos num determinado espaço de tempo (Burrough, 1993).

O reflorestamento ocasionou aumento gradual dos teores de P e K disponíveis e diminuição do pH em água e do Al trocável (Tabela 2). Os níveis de Ca e Mg no solo não foram influenciados pela retirada da floresta e posterior reflorestamento. Independentemente da idade da clareira ou da cobertura vegetal, os solos das áreas apresentam baixa fertilidade natural (Moreira & Malavolta, 2002). Cerca de 77% dos solos amazonenses apresentam saturação de alumínio superior a 50% e somente 0,62% deles têm saturação por bases acima de 40% (Moreira & Malavolta, 2002), caracterizando-os

pela presença de sítios de troca ocupados quase que exclusivamente por hidrogênio e alumínio (Demattê, 1988).

Mesmo com o poder tampão decorrente da presença da matéria orgânica, o que confere ao solo resistência nas mudanças de pH (Baldock & Nelson, 1999), no presente trabalho, o pH do solo diminuiu com a idade do reflorestamento das clareiras (Tabela 2) e o inverso ocorreu com o teor de matéria orgânica (Figura 1). Segundo Longo & Espindola (2000), a substituição da floresta natural em área cultivada acarreta aumento nas concentrações de ácido fúlvico e humina, com diminuição do pH do solo, mesmo com o tamponamento da matéria orgânica. Outros fatores, como a utilização da queima para limpeza das áreas, também aumentam significativamente o pH do solo após o desmatamento (Fernandes, 1999).

Na camada de 0–10 cm, os teores de N total, e os de P e K disponíveis estão diretamente relacionados com o conteúdo de matéria orgânica, havendo um aumento li-

near e significativo ( $p \leq 0,05$ ) desses três elementos no solo (Figura 1). Nas condições edafoclimáticas locais, os teores trocáveis de Al, Ca e Mg não foram afetados pelo conteúdo de matéria orgânica. Mesmo com o aumento da fertilidade, o solo apresentou acidez elevada (pH em água menor que 5,0) e os teores de nutrientes considerados baixos, dentro da classificação, a saber: P, 0–5 mg dm<sup>-3</sup>, K, 0–45 mg dm<sup>-3</sup>, Ca, 0–1,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg, 0–0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. O teor de Al foi maior que 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, estando dentro da faixa considerada alta (Ribeiro et al., 1999).

Este resultado demonstra que a manutenção da floresta sobre Argissolo distrófico está diretamente relacionada com os ciclos biogeoquímicos (Poggiani & Schumacher, 2004). Segundo Demattê (1988), a constante decomposição do material orgânico e a pequena perda por lixiviação permitem o desenvolvimento de uma floresta densa, sem sintomas de deficiências nutricionais, em solos com baixa fertilidade natural.

**Tabela 1.** Estatística descritiva dos atributos químicos e biológicos do solo<sup>(1)</sup>.

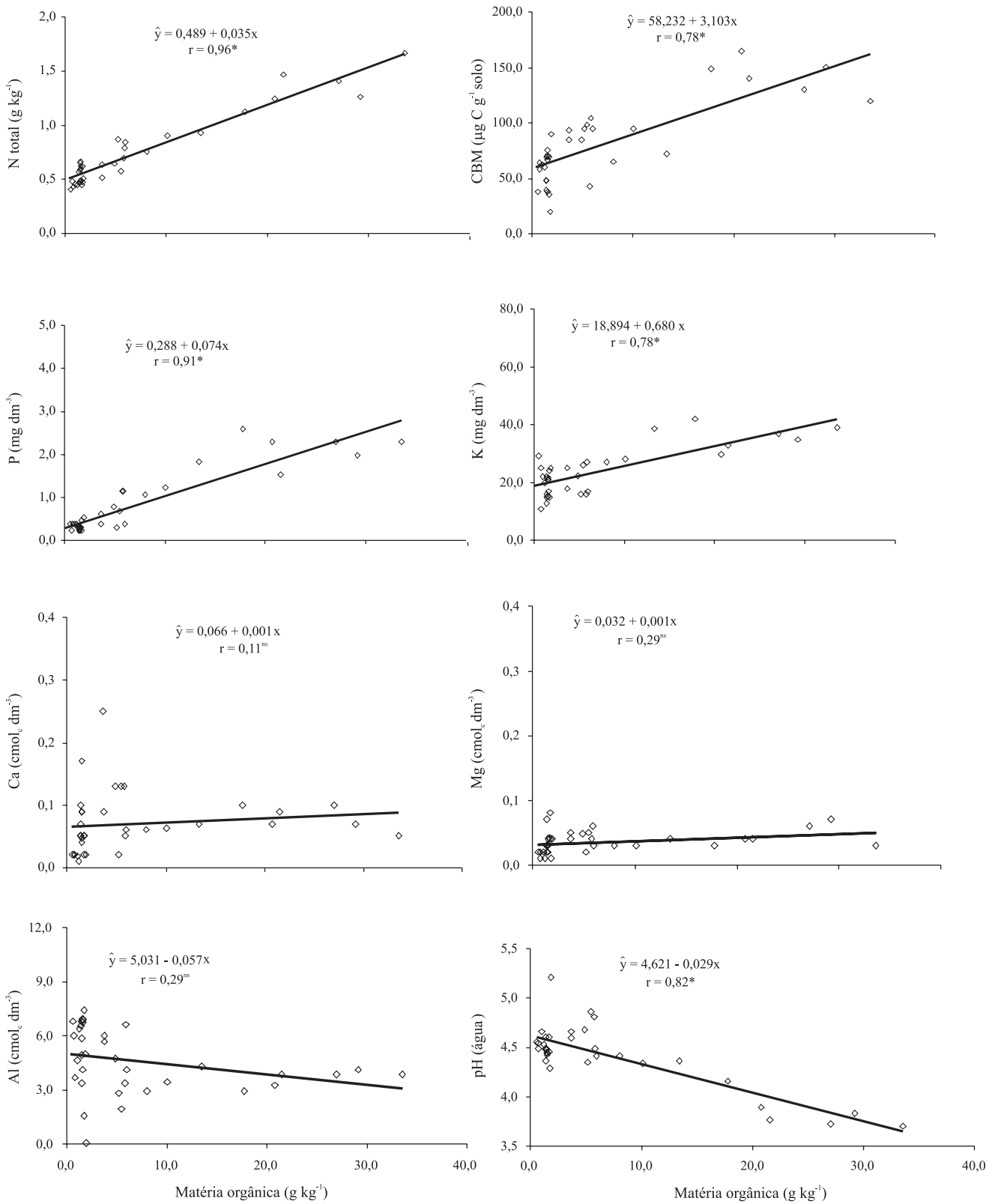
Estatística	C	N	C/N	CBM	RB	FCO <sub>2</sub>	qCO <sub>2</sub>
Média	4,410	0,750	4,370	79,622	28,865	400,901	1,801
Mediana	1,610	0,620	2,790	70,014	28,643	397,015	1,491
Mínimo	0,310	0,410	0,780	19,277	6,452	349,400	0,713
Máximo	19,540	1,670	13,500	165,000	47,929	485,320	4,866
Variância	31,010	0,120	13,730	1.530,080	104,320	1.157,370	1,020
Quartil inferior	0,830	0,480	1,500	48,008	22,360	374,470	1,130
Quartil superior	4,680	0,870	6,220	98,226	36,946	428,370	2,119
Desvio padrão	5,569	0,347	3,706	39,116	10,214	34,020	1,011
Assimetria	1,578	1,286	1,091	0,580	-0,193	0,383	1,691
Curtose	1,317	0,689	0,027	-0,364	-0,387	-0,268	3,001
Shapiro-Wilks	0,720**	0,830**	0,830**	0,950 <sup>ns</sup>	0,980 <sup>ns</sup>	0,960 <sup>ns</sup>	0,900 <sup>ns</sup>
CV (%)	126,281	46,266	84,805	49,127	35,385	8,486	56,135

<sup>(1)</sup>C: carbono; N: nitrogênio; C/N: relação entre carbono total e nitrogênio total; CBM: carbono da biomassa microbiana; RB: respiração basal; FCO<sub>2</sub>: fluxo de CO<sub>2</sub>; qCO<sub>2</sub>: quociente metabólico. <sup>ns</sup>Não-significativo. <sup>\*\*</sup>Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Shapiro-Wilks.

**Tabela 2.** Propriedades químicas (média±desvio-padrão) do solo sob floresta primária e das cinco clareiras estudadas.

Tratamentos <sup>(1)</sup>	pH	P	K	Ca	Mg	Al
	(H <sub>2</sub> O)	------(mg dm <sup>-3</sup> )-----			------(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )-----	
0 ano	4,45±0,11	0,32±0,07	15,20±1,32	0,06±0,02	0,04±0,03	6,14±0,15
1 ano	4,48±0,07	0,26±0,04	21,80±1,17	0,09±0,05	0,06±0,01	6,88±0,30
2 anos	4,66±0,27	0,38±0,10	24,80±6,19	0,05±0,01	0,02±0,01	5,66±2,50
4 anos	4,68±0,13	0,80±0,30	22,40±4,49	0,10±0,07	0,05±0,01	5,42±1,78
10 anos	4,34±0,09	1,24±0,87	28,14±10,74	0,06±0,02	0,03±0,01	3,43±0,68
Floresta primária	3,78±0,07	2,08±0,30	34,80±3,12	0,08±0,02	0,05±0,01	3,80±0,29
CV (%)	3,65	52,97	23,29	48,49	44,26	21,39

<sup>(1)</sup>Os anos referem-se à idade do reflorestamento das espécies nativas nas clareiras.



**Figura 1.** Relação entre a matéria orgânica com atributos químicos e com o carbono da biomassa microbiana do solo (CBM).  
<sup>ns</sup>Não-significativo. \*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

O desmatamento alterou significativamente o conteúdo de carbono no solo (Tabela 3 e Figura 2), tendo sido observada uma recuperação parcial no estoque de carbono somente após o quarto ano de idade do reflorestamento. No reflorestamento com 10 anos, o estoque foi de  $5,87 \pm 2,79 \text{ g kg}^{-1}$  de C, ao passo que na floresta primária, o estoque foi de  $15,37 \pm 2,80 \text{ g kg}^{-1}$  de C, equivalendo a uma redução média de 61,8%. Com a retirada de toda camada superficial do solo, ocorre uma quebra no estoque e na dinâmica da matéria orgânica, a qual está diretamente relacionada com a presença da serapilheira (Cerri, 1989). Johnson et al. (2001), ao estudar o estoque de carbono de florestas secundárias sem a remoção da camada superficial, observaram que clareiras com 10 anos de idade apresentaram conteúdo de C, na camada de 0–10 cm, semelhante ao da floresta primária. A relação C/N foi diretamente proporcional ao estoque de C no solo (Tabela 3). O aumento dessa relação com a idade do reflorestamento, igualmente como na floresta primária, geralmente ocorre por causa do incremento no conteúdo de folhas, ramos e galhos de decomposição mais lenta na superfície do solo (Vieira & Santos, 1987), provenientes das espécies introduzidas no sistema.

A atividade da biomassa microbiana aumentou 85% com um ano de reflorestamento, o que corresponde à metade do valor encontrado na floresta primária (Figura 2 e Tabela 3). Porém, este incremento permaneceu estável até o reflorestamento com 10 anos de idade.

A biomassa microbiana apresentou correlação linear significativa e positiva com o teor de matéria orgânica (Figura 1). Cerri et al. (1985), estudando os efeitos da sucessão floresta primária e área de cultivo na qualida-

de do solo, verificaram a ocorrência de uma dispersão do carbono proveniente da serapilheira, que favoreceu a microbiota do solo. Segundo Matsuoka et al. (2003), o desmatamento acarreta modificações nas características químicas, físicas e biológicas do solo, provocando considerável inibição da biomassa microbiana.

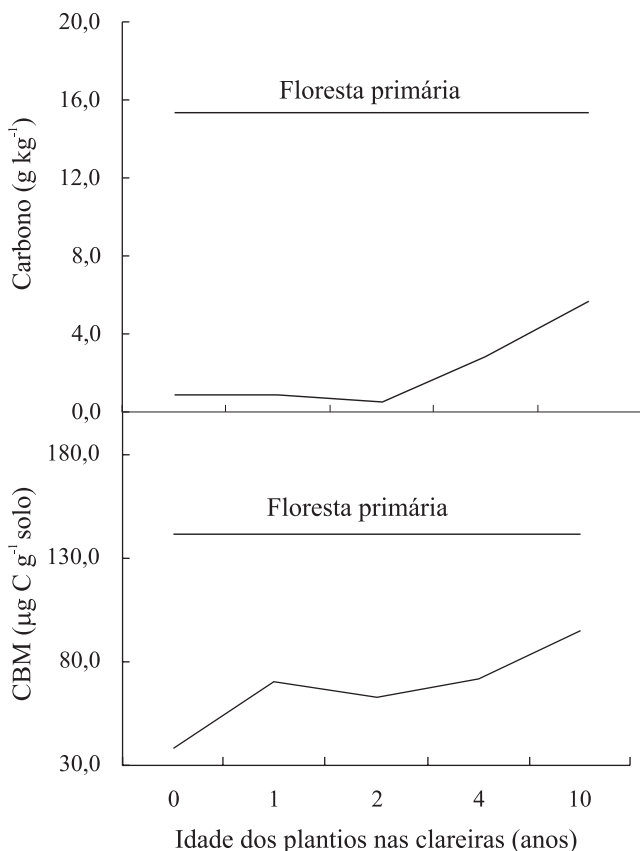
As amostras dos tratamentos com 0 a 4 anos de reflorestamento tiveram as menores atividades respiratórias (Tabela 3). A partir do décimo ano a respiração basal tendeu a se equiparar com a da floresta primária. A menor taxa de liberação de  $\text{CO}_2$  nos primeiros anos indica menor atividade metabólica, estando diretamente relacionada com o conteúdo de carbono presente na matéria orgânica (Fernandes, 1999). A razão entre o conteúdo de C da biomassa microbiana com o C total ( $C_{\text{mic}}/C_{\text{total}}$ ) não apresentou correlação com a idade dos reflorestamentos das clareiras e com a floresta primária (Tabela 3).

O quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) apresentou menor valor no solo sob floresta, com diferenças em relação às clareiras com quatro anos ou menos de replantio, ocorrendo o inverso com fluxo de  $\text{CO}_2$  (Tabela 3). Balota et al. (1998) observaram que a respiração basal por unidade de biomassa microbiana diminui em agroecossistemas mais estáveis, porém, com a retirada e substituição da cobertura vegetal ocorreu a decomposição mais acelerada dos resíduos vegetais, aumentando o quociente metabólico (Ocio & Brookes, 1990), e diminuindo o fluxo de dióxido de carbono. Este resultado indica relação inversa entre o  $q\text{CO}_2$  e a biomassa microbiana, mostrando que, com maiores teores de C, ocorre a diminuição na atividade metabólica e aumento da biomassa microbiana (Balota et al., 1998).

**Tabela 3.** Biomassa microbiana, carbono total, respiração basal, fluxo de  $\text{CO}_2$ , quociente metabólico, relação carbono da biomassa microbiana/carbono total e relação carbono/nitrogênio, obtidos na camada de 0–10 cm de profundidade na floresta primária e nas áreas de reflorestamento<sup>(1)</sup>.

Tratamentos <sup>(2)</sup>	Biomassa microbiana (mg C kg <sup>-1</sup> solo)	Carbono (g kg <sup>-1</sup> )	Respiração basal ( $\mu\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ C- $\text{CO}_2$ solo)	Fluxo de $\text{CO}_2$ (mL min <sup>-1</sup> )	Quociente metabólico ( $\mu\text{g CO}_2/\mu\text{g C min h}^{-1}$ ) $\times 10^{-2}$	$C_{\text{mic}}/C_{\text{total}}$ (%)	C/N
0 ano	37,97 $\pm$ 10,52	0,90 $\pm$ 0,08	20,70 $\pm$ 6,82	364,93 $\pm$ 12,04	2,61 $\pm$ 1,36	4,361 $\pm$ 1,47	1,87 $\pm$ 0,29
1 ano	70,26 $\pm$ 2,85	0,89 $\pm$ 0,06	24,23 $\pm$ 11,17	372,22 $\pm$ 16,07	1,40 $\pm$ 0,17	7,923 $\pm$ 0,71	1,45 $\pm$ 0,11
2 anos	61,99 $\pm$ 16,60	0,61 $\pm$ 0,28	20,90 $\pm$ 7,76	390,95 $\pm$ 6,88	1,39 $\pm$ 0,46	11,425 $\pm$ 2,84	1,28 $\pm$ 0,52
4 anos	84,63 $\pm$ 34,11	2,85 $\pm$ 0,58	29,02 $\pm$ 5,87	440,79 $\pm$ 22,54	1,61 $\pm$ 0,76	2,931 $\pm$ 1,27	4,45 $\pm$ 0,72
10 anos	94,90 $\pm$ 29,30	5,87 $\pm$ 2,79	36,60 $\pm$ 3,73	415,77 $\pm$ 11,74	1,15 $\pm$ 0,26	1,921 $\pm$ 0,86	6,28 $\pm$ 2,24
Floresta primária	141,07 $\pm$ 15,75	15,37 $\pm$ 2,80	39,74 $\pm$ 3,14	420,75 $\pm$ 34,57	1,18 $\pm$ 0,09	9,625 $\pm$ 2,59	10,91 $\pm$ 1,71
DMS 5%	36,07	3,57	15,18	42,70	0,21	3,97	2,65

<sup>(1)</sup>Os resultados representam a média $\pm$ desvio-padrão. <sup>(2)</sup>Os anos referem à idade do replantio das espécies nas clareiras.



**Figura 2.** Dinâmica do carbono total e do carbono da biomassa microbiana (CBM) decorrente da idade de reflorestamento das clareiras em comparação com a floresta primária.

### Conclusões

1. O reflorestamento das áreas de clareira aumenta significativamente o teor de matéria orgânica e o conteúdo da biomassa microbiana do solo, a partir do quarto ano de idade.

2. A fertilidade do solo nas condições edafoclimáticas locais está diretamente associada ao conteúdo de matéria orgânica no solo.

3. O método de reflorestamento utilizado necessita um aporte inicial do conteúdo de carbono, que pode ser suprido com a utilização de gramíneas ou leguminosas forrageiras antes do plantio definitivo das espécies nativas.

### Agradecimentos

À FINEP/Petrobras (Programa CTPetro), pelo apoio logístico e suporte financeiro; ao Pesquisador Dr. Gil Vieira, do Instituto de Pesquisa da Amazônia (Inpa), pela descrição das áreas estudadas.

### 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.
- BALDOCK, J.A.; NELSON, P.N. Soil Organic Matter. In: SUMNER, M. (Ed.). *Handbook of Soil Science*, Boca Raton: CRC Press, 1999. p.B-25-B-84.
- 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.
- BURROUGH, P.A. Soil variability: a late 20<sup>th</sup> century view. *Soil and Fertilizers*, v.56, p.529-562, 1993.
- COELHO, A.M. Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.; ALVAREZ VENEGAS, V.H. (Ed.). *Tópicos em Ciência do Solo*, Viçosa: SBCS, v.3, 2003. p.243-290.
- CERRI, C.C. Dinâmica da matéria orgânica em solo de pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 1989, Piracicaba. *Anais*. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 1989. p.135-147.
- 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.
- COSTA NETO, P.L.O. *Estatística*. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 264p.
- DALAL, R.C. Soil microbial biomass – what do the numbers really mean? *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.38, p.649-665, 1998.
- DEMATTÊ, J.L.I. *Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos – Região Amazônica*. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Manual de métodos de análise de solo*. 1997. 212p.
- FEIGL, B.J.; SPARLING, G.P.; ROSS, D.J.; CERRI, C.C. Soil microbial biomass in Amazonian soils: evaluation of methods and estimates of pool sizes. *Soil Biology and Biochemistry*, v.27, p.1467-1472, 1995.
- FERNANDES, S.A.P. *Propriedades do solo na conversão de floresta em pastagem fertilizada e não fertilizada com fósforo na Amazônia (Rondônia)*. 1999. 131p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- GERALDES, A.P.A.; CERRI, C.C.; FEIGL, B.J. Biomassa microbiana de solo sob pastagens na Amazônia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.19, p.55-60, 1995.
- 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.
- JOHNSON, C.M.; VIEIRA, I.C.G.; ZARIN, D.J.; FRIZANO, J.; JOHNSON, A.H. Carbon and nutrient storage in primary and secondary forests in eastern Amazônia. *Forest Ecology and Management*, v.147, p.245-252, 2001.

- LONGO, R.M.; ESPINDOLA, C.R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens (*Brachiaria* sp.) em áreas de cerrado e floresta amazônica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.723-729, 2000.
- 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.
- MATSUOKA, M.; MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.425-434, 2003.
- MORAES, J.F.L.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. Soil properties under Amazon forest and changes due to pastures installation in Rondônia, Brazil. **Geoderma**, v.70, p.63-81, 1996.
- MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. **Varição das propriedades químicas e físicas do solo e na matéria orgânica em agroecossistema da Amazônia Ocidental (Amazonas)**. Piracicaba: USP-CENA, 2002. 79p.
- NASCIMENTO, C.; HOMMA, A. **Amazônia: meio ambiente e tecnologia agrícola**. Belém: Embrapa-CPATU, 1984. 282p.
- 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.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Ceres, 1990. 468p.
- POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M.V. Nutrient cycling in native forests. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2004. p.285-306.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ VENEGAS, V.H. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação**. Viçosa: SFSEMG, 1999. 359p.
- VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.C. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo: Ceres, 1987. 416p.

---

Recebido em 2 de junho de 2004 e aprovado em 7 de outubro de 2004