

# CARBONO E NITROGÊNIO DA BIOMASSA MICROBIANA COMO INDICADORES AMBIENTAIS DE UM LATOSSOLO AMARELO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO, MARITUBA, PARÁ<sup>1</sup>

George Rodrigues da SILVA<sup>2</sup>  
Welliton de Lima SENA<sup>3</sup>  
Mário Lopes da SILVA JÚNIOR<sup>4</sup>

**RESUMO:** A agricultura resultante da exploração de monocultivos, sem tecnologia adequada, sem assistência técnica, sem conhecimentos básicos de conservação da terra pelo produtor, tem contribuído para degradação do meio ambiente, originando ecossistemas pouco estáveis, pelo manejo inadequado do solo. Neste contexto, os sistemas agroflorestais (SAF) têm sido recomendados na Amazônia brasileira, como uma alternativa de uso do solo em bases sustentáveis. O objetivo deste trabalho é avaliar os atributos carbono da biomassa microbiana (CBM), carbono orgânico (CO), N total, matéria orgânica, razão CBM/CO e C/N de um Latossolo Amarelo coletado à profundidade de 0-0,2m, sob arranjos de sistemas agroflorestais e sistemas convencionais envolvendo cacau (*Theobroma cacao*), pupunha (*Bactris gasipaes*) e açaí (*Euterpe oleracea*), em dois períodos de amostragem (seco e chuvoso), e compará-los com as mesmas variáveis em condições de floresta secundária. O desenho experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, comportando dois sistemas agroflorestais (cacau + açaí e cacau + pupunha), dois sistemas convencionais (açaizeiro e pupunheira), além do sistema de floresta secundária, em quatro repetições. Os maiores valores para carbono da biomassa microbiana ocorreram na época mais chuvosa, independentemente do sistema de uso. A razão  $C_{\text{microbiano}}/C_{\text{orgânico}}$  mostrou ser um bom indicador das alterações na matéria orgânica, sendo que os altos valores encontrados para este quociente, no período chuvoso, mostram que está havendo acúmulo de C nos sistemas de manejo estudados. Os SAF foram tão eficientes quanto a floresta secundária, no aporte de matéria orgânica do solo, configurando-se como alternativas viáveis de recuperação de solos exauridos pelo uso inadequado.

**TERMOS PARA INDEXAÇÃO:** Biomassa Microbiana, Solo Tropical, Sistemas Agroflorestais, Amazônia.

<sup>1</sup> Aprovado para publicação em 25.10.07

Parte integrante da Tese de Doutorado em Ciências Agrárias do segundo autor.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia / UFRA. E-mail: george.silva@ufra.edu.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor da Escola Agrotécnica Federal de Castanhal – Pa.  
E-mail: welliton@eafc-pa.gov.br

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor do Instituto de Ciências Agrárias da UFRA. E-mail: mario.silva@ufra.edu.br

## MICROBIAL BIOMASS CARBON AND NITROGEN AS ENVIRONMENTAL INDICATORS OF A YELLOW LATOSSOLO UNDER DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS, MARITUBA, PARÁ

**ABSTRACT:** The resultant intensive agriculture of conventional tillage exploitation systems has contributed to the environmental degradation, with harmful alterations to different ecosystems. In this context, the agroforestry systems have been recommended in the Brazilian Amazon, as an alternative of soil use in a sustainable basis. The objective of this work was to evaluate the indicators: carbon of the microbial biomass (CBM), organic carbon (CO), total N, organic matter, reason CBM/CO and C/N of a Yellow Latossolo collected at a 0-0,2m depth, under arrangements of agroforestry systems and conventional systems involving cacao, peach palm and euterpe palm, in two sampling periods (rainy season and dry season) and to compare it to the same variables in a secondary forest soil. The experimental design utilized contained randomized blocks, with two agroforestry systems (cacao + peach euterpe and cacao + peach palm), two conventional systems (peach euterpe and peach palm), as well as the secondary forest system, in four repetitions. The greatest carbon values of the microbial biomass occurred in the rainy season, regardless of system utilized. The Cmicrobial/Corganic ratio was a good indicator of alterations in the organic matter, and the high values identified for this quotient, in the rainy period, showed that there is an accumulation of C in the studied management systems. The agroforestry systems were as efficient as the secondary forest, as for the organic matter input, and may be considered as a viable recovery alternative for soil exhausted by inadequate use.

**INDEX TERMS:** Microbial Biomass Carbon, Tropical Soil, Agroforestry, Amazon Basin

### 1 INTRODUÇÃO

As atividades agrícolas, pecuárias e florestais, quando manejadas inadequadamente provocam alterações negativas nos diferentes ecossistemas amazônicos, quer seja pelo depauperamento do solo, quer seja pela extinção da flora e da fauna em determinadas áreas onde antes essas atividades ocorriam.

As áreas exploradas pelas atividades agrossilvopastoril, as quais em grande parte são posteriormente abandonadas, devem ser manejadas e reintegradas aos processos de produção, como forma de minimizar o avanço da devastação de novas áreas de floresta primária. Veiga et al. (2000), apontam os sistemas silvopastoris como alternativa promissora para aliar à produção animal aos

benefícios ambientais proporcionados pelos plantios arbóreos.

Para Ruivo (1998), a cobertura vegetal, além de favorecer a atividade da biota do solo, é também responsável pelo aporte de matéria orgânica do solo, e esta, por sua vez, ao ser mineralizada disponibiliza nutrientes às plantas. A serrapilheira constitui um mecanismo de retorno do carbono e nutrientes ao solo, que é função de fatores que vão desde a composição do material que compõe aquela camada orgânica, até as condições climáticas do ambiente.

Os sistemas agroflorestais (SAF) apresentam algumas dessas características de recuperação e manutenção do aporte de matéria

orgânica do solo, pois reúnem um conjunto de técnicas, onde árvores lenhosas ou palmeiras são usadas em um manejo combinado com cultivos e/ou animais, em alguma forma de arranjo espacial ou em seqüência temporal.

Os SAF formados por cacauzeiros (*Theobroma cacao* L.) apresentam-se bastante promissores na Amazônia, apesar do cacau necessitar de manejo rigoroso, principalmente para controlar o ataque do fungo *Crinipernis pernicioso* (Stahel) Singer.

O uso de indicadores que avaliem a sustentabilidade dos ecossistemas naturais, através da determinação da quantidade e qualidade do material que se deposita no solo, é de fundamental importância. A matéria orgânica do solo representa a principal fonte de energia para os microrganismos e de nutrientes para as plantas, e as suas alterações podem indicar o grau de preservação ou de desequilíbrio dos ecossistemas naturais. Neste contexto, a sensibilidade dos indicadores químicos pode não ser suficiente para indicar as alterações ocorridas com a matéria orgânica do solo, pela substituição da floresta por atividades agrosilvopastoris, havendo a necessidade de selecionar indicadores, como os biológicos, que sejam sensíveis a pequenas alterações no sistema solo-planta.

A população microbiana é um componente importante nas transformações da matéria orgânica do solo, pois utilizam esses materiais como fonte de nutrientes e energia para formação e desenvolvimento de suas células, fazendo com que ocorra uma imobilização temporária de carbono, nitrogênio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre e micronutrientes, os quais após a morte dos

microrganismos, serão disponibilizados para as plantas. Desta forma, tem-se o conceito de que a biomassa microbiana representa um compartimento-reservatório de nutrientes para as plantas, portanto, trata-se de um parâmetro relevante no estudo de ciclagem de nutrientes em diferentes ecossistemas.

A biomassa microbiana é definida como a parte viva da matéria orgânica do solo excluindo raízes de plantas e animais maiores do que  $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$  contendo de 2 a 5% do carbono total do solo (JENKINSON; LADD, 1981) e 2 a 5% do nitrogênio total do solo (SMITH; PAUL, 1990).

No presente estudo foram avaliados os atributos carbono da biomassa microbiana (CBM), carbono orgânico (CO), N total, matéria orgânica, razão CBM/CO e C/N de um Latossolo Amarelo sob arranjos de sistemas agroflorestais e sistemas convencionais envolvendo cacau, pupunha e açaí, em dois períodos de amostragem (períodos seco e chuvoso). Essas variáveis foram comparadas com as mesmas variáveis em condições de solo de vegetação secundária, com a finalidade de determinar se os SAF se apresentam como alternativas para a recuperação de áreas alteradas, que melhor se adequem aos ecossistemas amazônicos, com o mínimo de impacto negativo possível.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Estação Experimental ERJOH, no Centro de Recursos Genéticos do Cacau, pertencente à Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), localizada no município de Marituba, estado do Pará, apresentando

distância de 17 km de Belém, à margem direita da BR-316. Sua coordenada geográfica situa-se próxima ao ponto onde o meridiano 48° 13' 30" W Gr intercepta o paralelo 10° 12' 00" S.

A área da pesquisa localiza-se na face sul da estação experimental, na margem direita da principal via de acesso interno. Relatos registram que na estação experimental funcionava uma fazenda de criação de gado bovino, até o final da década de 60, antes da utilização pela CEPLAC, revelando que a área de localização da pesquisa já havia servido de pastoreio para os animais. No entanto, nenhum vestígio foi detectado no ambiente, em particular nas condições do solo, que possibilitasse acusar efeitos resultantes de tal atividade. Há mais de 10 anos, a área não recebe adubação.

Segundo Silva (2000), no preparo da área para a instalação dos sistemas estudados, em 1990, foi utilizado o tradicional sistema de derruba e queima da mata. A adubação inicial foi realizada na cova de plantio, constando de 5kg por planta de uma mistura formada por esterco curtido e terra, na proporção de dez partes de esterco para três de terra. As mudas utilizadas foram produzidas em viveiro e levadas para o campo com idade de três meses para o cacauzeiro e quatro meses e meio para pupunheira e açazeiro, sendo plantadas nos meses de janeiro/fevereiro de 1991. A extração de frutos e palmito da área ocorreu a partir de 1994.

O desenho experimental utilizado no presente trabalho foi o de blocos ao acaso, comportando dois sistemas agroflorestais (cacau + açai e cacau + pupunha), dois sistemas convencionais (açazeiro e pupunheira), além

do sistema de floresta secundária. Amostras de um solo classificado como Latossolo Amarelo (EMBRAPA. CNPS, 1999), foram coletadas à profundidade de 0 – 0,2m, em quatro repetições, e caracterizadas quimicamente no Laboratório de Análises Químicas da Universidade Federal Rural da Amazônia. Os dados foram analisados, distintamente, em amostragens do solo realizadas em fevereiro e outubro/2004, meses de maior e menor precipitação pluvial, respectivamente. Na época, os sistemas utilizados no estudo tinham a seguinte idade: floresta secundária (30 anos), cacau + açai (14 anos), cacau + pupunha (14anos), açazeiro (14 anos) e pupunheira (14 anos).

Os tratamentos foram constituídos de maneira a representar combinações zonais entre o cacauzeiro e o açazeiro ou a pupunheira, sob uma variação do modelo *alley cropping* tradicional, do qual eliminou-se a rotina do plantio de culturas anuais, além de cultivos isolados. Os diferentes sistemas de uso estudados, compunham arranjos assim especificados:

CA – fila dupla de açazeiro (3,0 x 2,0 m) intercalada com fila tripla de cacauzeiro (2,5 x 2,0m);

CP – fila dupla de pupunheira (3,0 x 2,0m) intercalada com fila tripla de cacauzeiro (2,5 x 2,0m);

A – Açazeiro em monocultivo no espaçamento 3,0 x 1,5m;

P – Pupunheira em monocultivo no espaçamento 3,0 x 1,5m;

FS – Área de Floresta Secundária com 30 anos, próxima dos tratamentos estudados;

Amostras compostas do solo, retiradas de cada área correspondente aos sistemas

estudados, a partir de quatro amostras simples, foram acondicionadas em sacos plásticos e colocadas em recipiente de isopor contendo gelo, com a finalidade de paralisar ou diminuir a atividade microbiana. Em seguida as amostras foram destorroadas, passadas em peneiras de 2 mm de malha, homogeneizadas e armazenadas em geladeiras, para serem posteriormente analisadas para as variáveis em estudo.

Na determinação do carbono orgânico do solo, utilizou-se a metodologia de Walkley e Black (1934), que usa o dicromato de potássio para oxidar a matéria orgânica. O nitrogênio total foi determinado pelo método micro-Kjeldahl, enquanto para a determinação da biomassa microbiana do solo adotou-se a metodologia proposta por Vance, Brookes e Jenkinson (1987). A matéria orgânica, a relação C/N e a relação CBM/CO, foram determinadas a partir dos teores de C orgânico (CO), N total e C da biomassa microbiana (CBM) obtidos nas análises efetuadas.

Os dados das variáveis obtidas em cada época de amostragem do solo, distintamente, foram submetidas à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas por meio do teste de Duncan em nível de 5% de significância. A análise estatística utilizada foi realizada através do software Statistical Analyses Sistem – SAS.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de carbono orgânico do solo sob diferentes sistemas de uso, nos dois períodos distintos de amostragem, constam da

Figura 1. Na amostragem de fevereiro/2004, as médias obtidas para carbono tenderam à ligeira superioridade numérica, em termos de valores absolutos, aos encontrados no solo coletado em outubro, variando de 11,59g/kg no sistema com cacau + açaí, até 13,05 g/kg com açaizeiro, sem que as diferenças apresentadas, no entanto, fossem significativas estatisticamente.

Em outubro (período seco), as médias variaram de 10,47 g/kg na floresta secundária, a 10,98 g/kg no sistema com açaizeiro, também, sem diferenças significativas. Independentemente do período de coleta e dos sistemas de uso, todos os valores encontrados para carbono orgânico são considerados de nível médio, pela classificação de Silva (2003).

Os dados apresentados na Figura 2 representam o comportamento do nitrogênio do solo coletado em fevereiro e outubro/2004, em função dos diferentes sistemas de uso do solo estudados. Na coleta efetuada na época mais chuvosa (fevereiro), o sistema com pupunheira (1,23g/kg) foi superior a todos os outros, porém, semelhante estatisticamente aos sistemas cacau + pupunha (1,09g/kg) e cacau + açaí (1,08g/kg). Por sua vez, estes dois últimos sistemas não diferiram estatisticamente do açaizeiro (0,98g/kg) e da floresta secundária (1,02g/kg), que apresentaram os menores valores para nitrogênio.

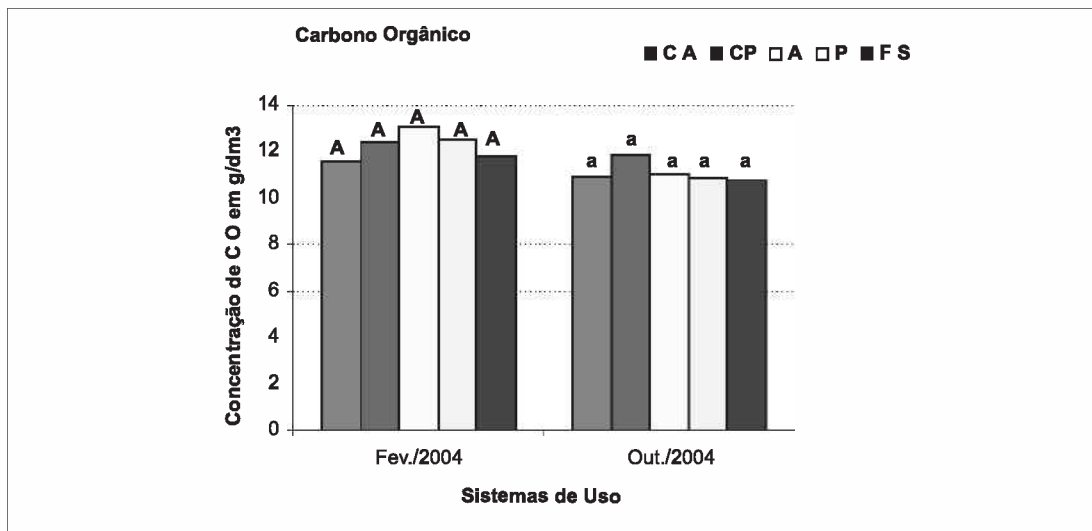


Figura 1 - Médias das concentrações de Carbono Orgânico, em Latosolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso em fevereiro e outubro/2004 Marituba, Pará.

Médias seguidas de letras iguais para cada período de amostragem, isoladamente, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Duncan.

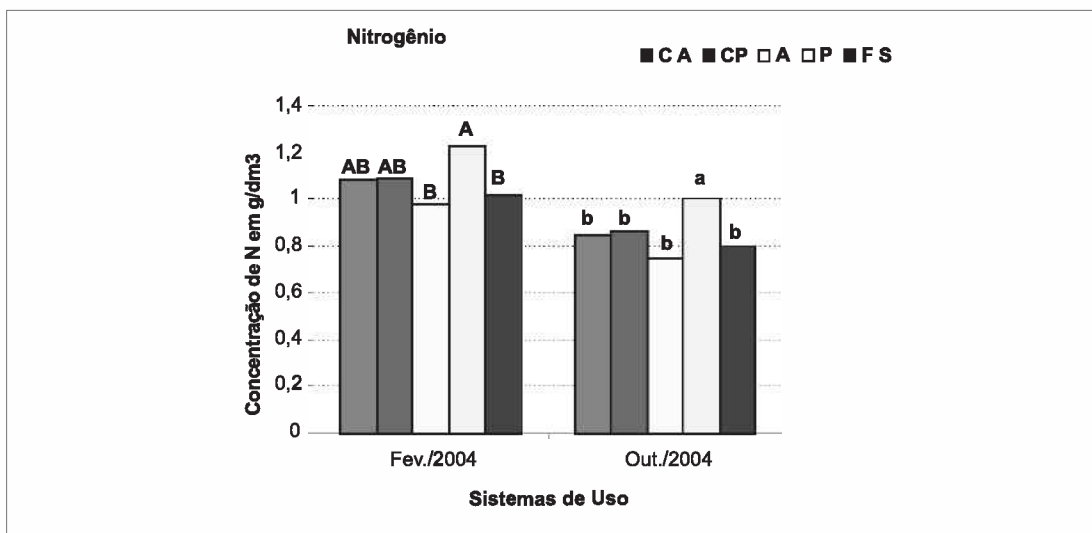


Figura 2 - Médias das concentrações de nitrogênio, em Latosolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso no mês de fevereiro/2004 e outubro/2004 Marituba, Pará.

Médias seguidas de letras iguais para cada período de amostragem, isoladamente, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Duncan.

Na coleta de outubro, a média do nitrogênio obtida no solo sob o sistema com pupunheira (1,00g/kg) foi superior aos demais, seguidas de cacau + pupunha (0,86g/kg), cacau + açaí (0,85g/kg), floresta secundária (0,85 g/kg) e açaí (0,75 g/kg), que não apresentaram diferenças significativas entre si. Observa-se pelos dados apresentados, que a maior umidade existente no solo coletado em fevereiro, possivelmente, pode ter influenciado nos maiores valores de nitrogênio encontrados, em relação àqueles obtidos na coleta efetuada em outubro.

As condições de umidade favorecendo o processo de mineralização da matéria orgânica, pode ter concorrido para o incremento da disponibilidade do nitrogênio no solo, favorecendo, especialmente a pupunheira. Segundo Veiga et al.(2000), os sistemas agroflorestais (SAF) têm se mostrado eficientes na ciclagem de nutrientes e no aporte de matéria orgânica, o que contribui para a maior disponibilidade de nitrogênio no solo.

Independente do sistema de uso e para ambas os períodos de coleta do solo, os valores encontrados para nitrogênio são considerados de nível médio, pela classificação de Mello et al. (1985).

As médias de matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de uso, apresentaram valores semelhantes nos dois períodos de coleta do solo (Figura 3). Na coleta do solo efetuada em fevereiro/2004, os valores de matéria orgânica variaram de 19,93g/kg no sistema com cacau + açaí, a 22,5g/kg com açazeiro, sem diferenças estatísticas significantes. Em outubro, as médias encontradas, também, não diferiram significativamente entre si, mostrando valores

que variaram de 18,73g/kg (pupunheira) até 22,16g/kg (cacau + pupunha).

Quando a floresta é substituída por sistemas de uso inadequados, a reciclagem dos nutrientes é interrompida pela derrubada e queima da biomassa da floresta, afetando fortemente as condições químicas da camada arável do solo, reduzindo a matéria orgânica e teores de nitrogênio e enxofre, principalmente, resultando com o passar do tempo, com a completa degradação do solo (MARTINS, 1987; SERRÃO; FALESI, 1997). Entretanto, observa-se pelos resultados obtidos no presente trabalho, que os sistemas agroflorestais estudados, no que diz respeito ao aporte de matéria orgânica, tiveram desempenho semelhante ao da floresta secundária.

Veiga et al. (2000), apontam os sistemas agroflorestais como alternativa promissora para promover os benefícios ambientais proporcionados pelos sistemas florestais, uma vez que apresentam características de recuperação e manutenção do aporte de matéria orgânica do solo, pois reúnem um conjunto de técnicas, onde as espécies lenhosas ou palmeiras são usadas em um manejo combinado com cultivos e/ou animais, em alguma forma de arranjo espacial ou em seqüência temporal.

Wandelli et al. (2000) utilizando sistemas agroflorestais na recuperação de áreas degradadas de pastagens, verificaram que os SAF contribuíram para a maior atividade microbiológica do solo, o que proporcionou maior recuperação, além de disponibilizar nutrientes.

Para os dois períodos de amostragem, independente do sistema de uso, os valores de

matéria orgânica são considerados de nível médio, pela classificação de Silva (2003).

As médias da relação C/N em todos os sistemas estudados (Figura 4), para os dois períodos de amostragem, indicam que no solo, a

matéria orgânica está funcionando como eficiente fonte de nutrientes, haja vista que os valores da relação C/N, entre 10 e 16, indicam que os processos de mineralização estão predominando (COLOZZI-FILHO; ANDRADE; BALOTA, 2001).

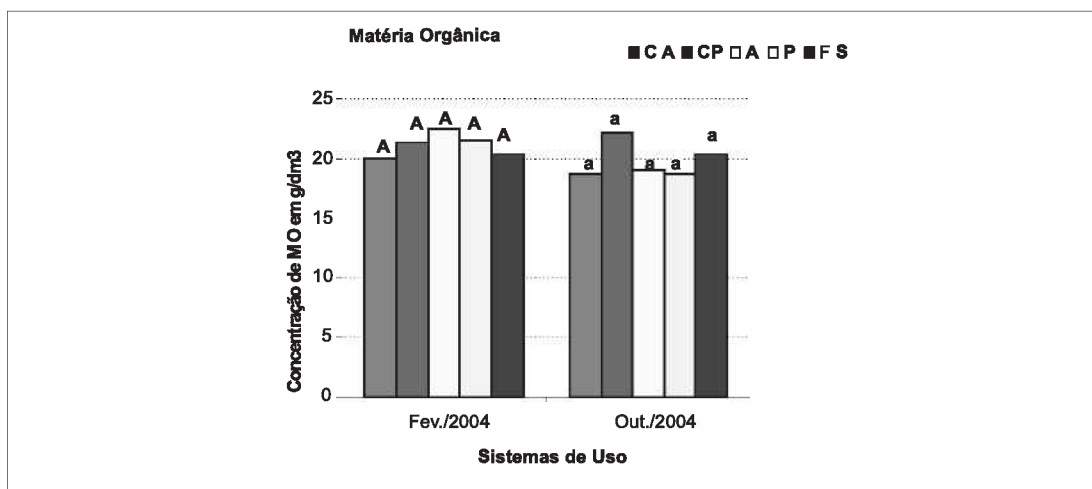


Figura 3 - Médias das concentrações de matéria orgânica, em Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso, coletado em fevereiro e outubro/2004, Marituba, Pará. Médias seguidas de letras iguais para cada período de amostragem, isoladamente, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Duncan.

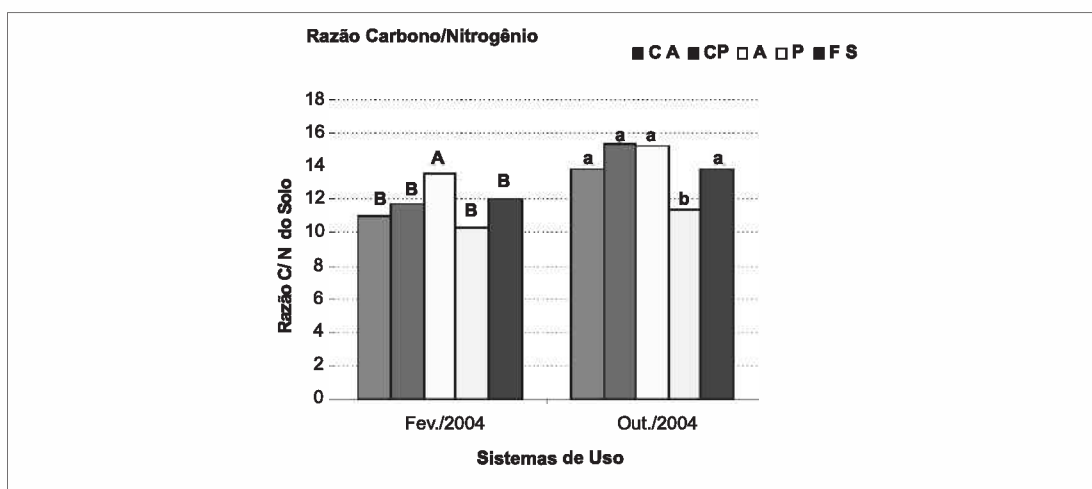


Figura 4 - Médias dos valores da Razão Carbono / Nitrogênio em Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso, coletado em fevereiro e outubro/2004, Marituba, Pará. Médias seguidas de letras iguais para cada período de amostragem, isoladamente, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Duncan.



Os resultados encontrados são devidos, provavelmente, à composição do material, aliados à intensa atividade microbiana na decomposição e na mineralização dos resíduos vegetais (Figura 5), e apresentam-se coerentes com o estado de decomposição da biomassa microbiana indicado pela dados da relação  $C_{\text{microbiana}}/C_{\text{orgânico}}$ , encontrados neste trabalho (Figura 6). Os maiores valores

para a relação C/N encontrados em outubro (período seco), indicam menor acúmulo de biomassa microbiana nesta época, devido, provavelmente, ao baixo teor de umidade do solo, criando condições desfavoráveis ao desenvolvimento da população microbiana responsável pela decomposição da matéria orgânica, o que vai ao encontro das afirmativas de Balota et al. (1998).

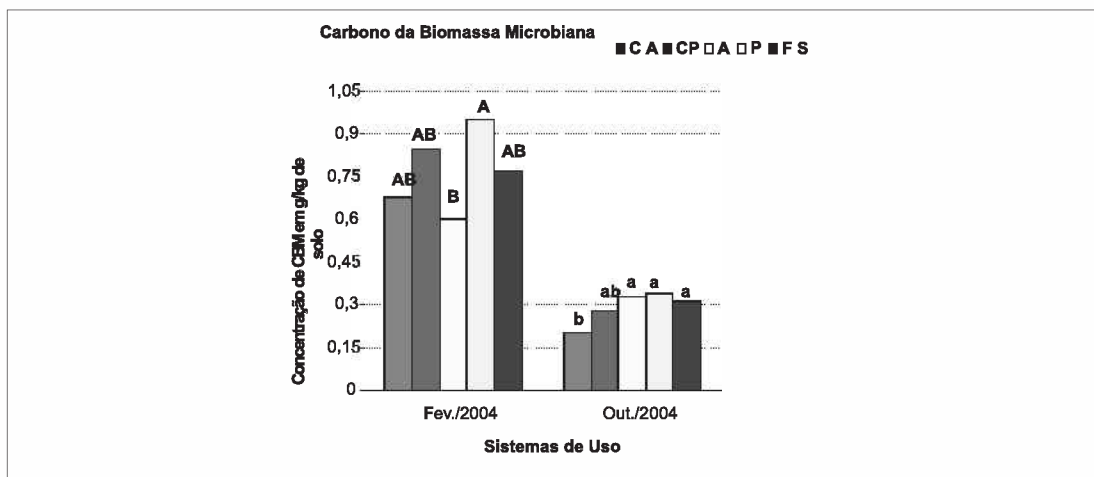


Figura 5 - Médias das concentrações de carbono da biomassa microbiana (CBM), em Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso, coletado em fevereiro e outubro/2004, Marituba, Pará. Médias seguidas de letras iguais para cada período de amostragem, isoladamente, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Duncan.

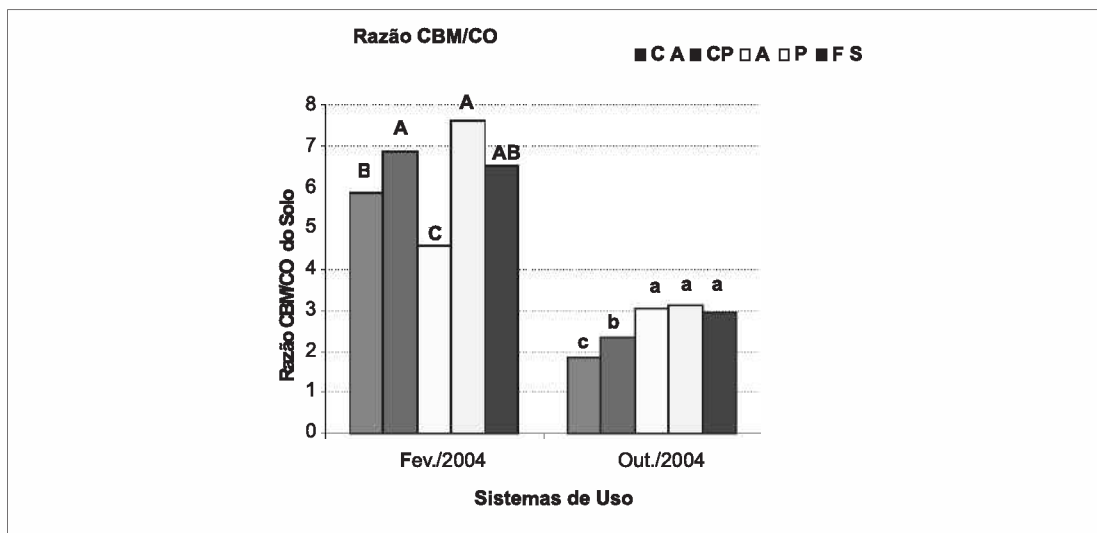


Figura 6 - Médias dos valores da razão  $C_{\text{carbono da biomassa microbiana}}/C_{\text{carbono orgânico}}$  em Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso, coletado em fevereiro e outubro/2004, Marituba, Pará. Médias seguidas de letras iguais para cada período de amostragem, isoladamente, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Duncan.

Esses resultados confirmam, mais uma vez, que os sistemas agroflorestais estudados mostraram-se semelhantes à floresta secundária, em prover as condições favoráveis à mineralização da matéria orgânica pela microbiota do solo, e são concordantes com aqueles obtidos por Moreira e Malavolta (2004), onde a floresta primária e os diferentes sistemas de manejo estudados, apresentaram valores para relação C/N que variaram entre 11,9 a 15,9.

Independentemente do período de coleta e dos sistemas de uso do solo, são considerados de nível médio, os valores encontrados para matéria orgânica e carbono orgânico, pela classificação de Silva (2003), e para nitrogênio, conforme Mello et al. (1985).

Os dados da Figura 5 expressam o comportamento do carbono da biomassa microbiana (CBM), liberado como  $\text{CO}_2$  no solo sob diferentes sistemas de uso e coletado em diferentes épocas. De modo geral, para todos os sistemas de uso estudados, os valores

encontrados para CBM no mês de fevereiro, foram superiores aos encontrados no solo coletado em outubro.

Os valores para CBM encontrados no solo amostrado em fevereiro, sob sistemas com pupunheira (0,95g/kg), mostraram tendência de superioridade sobre os demais, sem entretanto, diferirem do cacau + pupunha (0,85g/kg), floresta secundária (0,77g/kg) e cacau + açai (0,68g/kg). O menor valor de 0,60g/kg obtido com o açazeiro, somente diferiu estatisticamente do sistema formado com a pupunheira.

Quando a coleta foi realizada em outubro, os maiores valores variaram de 0,34g/kg com pupunheira, a 0,28g/kg no sistema formado por cacau + pupunha, sem apresentarem diferenças significativas. O menor valor foi encontrado sob o sistema formado por cacau + açai (0,20g/kg).

Os maiores valores de CBM encontrados no período mais chuvoso,

independente do sistema de uso, podem estar relacionados ao maior teor de umidade do solo, promovendo maior atividade da microbiota do solo sobre a decomposição da matéria orgânica, conforme discussão anterior. Luizão (1989) encontrou correlação positiva entre CBM e o aumento da disponibilidade de água, acreditando que o maior teor de umidade favoreceu o aumento da atividade dos microrganismos do solo, resultados corroborados no trabalho de Duarte (2003). Bittencourt (2003), estudando solos do sudoeste do Pará, sob diferentes sistemas de manejo, também encontrou valores maiores para CBM, na estação chuvosa, em relação à estação seca.

Resultados de trabalhos encontrados na literatura, indicam o CBM como bom atributo para avaliação da qualidade do solo em sistemas agrícolas (CATTELAN, 1989; WARDLE; HUNGRIA, 1994; GAMA-RODRIGUES, 1999).

Na Figura 6, encontram-se os valores para a razão  $C_{\text{microbiano}}/C_{\text{orgânico}}$  existentes no solo sob diferentes sistemas de uso, amostrados em diferentes épocas. Em fevereiro, esses índices apresentaram os seguintes valores: 4,6% no sistema com açaizeiro, 5,9% com cacau + açaí, 6,5% na floresta secundária, 6,9% com cacau + pupunha e 7,6% no sistema com pupunheira. Na amostragem realizada em outubro/2004, os valores foram menores, de 1,8% com cacau + açaí, 2,4% para cacau + pupunha, 2,9% na floresta secundária, 3,0% no açaizeiro e 3,1% na pupunheira.

Os dados da Figura 6, mostram também, que de modo geral, os valores para a razão  $C_{\text{microbiano}}/C_{\text{orgânico}}$  existentes nos sistemas de uso estudados, no período mais chuvoso (fevereiro), foram superiores aos encontrados em outubro, indicando maior acúmulo de biomassa microbiana. Balota et al. (1998)

justificam que o maior acúmulo de biomassa microbiana na época chuvosa, deve-se, provavelmente, ao maior teor de umidade existente no solo, proporcionando condições favoráveis ao desenvolvimento dos microrganismos, acelerando os processos de humificação da matéria orgânica.

No período mais chuvoso (fevereiro), em função dos maiores valores para quociente microbiano encontrados, além do açaizeiro em plantio convencional, os sistemas agroflorestais estudados foram tão ou mais eficientes que a floresta secundária, em promover condições favoráveis a uma maior imobilização do carbono orgânico pelos microrganismos do solo, tornando-o fixado temporariamente como  $C_{\text{microbiano}}$ . Resultados semelhantes, com a mesma justificativa, são relatados por Silva Jr. et al. (2003) e Duarte (2003), e contrastam com a afirmativa de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), de que a remoção da floresta secundária, para fins agrícolas, causa um efeito negativo na ciclagem da matéria orgânica.

#### 4 CONCLUSÃO

- O carbono da biomassa microbiana mostrou tendência de aumento na época chuvosa, em todos os sistemas de uso do solo.
- A razão  $C_{\text{microbiano}}/C_{\text{orgânico}}$  mostrou ser um bom indicador das alterações na matéria orgânica, sendo que os altos valores encontrados para este quociente, no período chuvoso, notadamente na pupunheira, mostram que está havendo tendência de acúmulo de C nos sistemas de manejo estudados.
- Os SAF e os monocultivos estudados foram semelhantes à floresta secundária, no aporte de matéria

orgânica, caracterizando-se como fontes eficientes sistemas de uso do solo, na recuperação e reintegração de áreas alteradas aos processos de produção sustentável.

- A matéria orgânica do solo com pupunheira apresentou a menor razão C/N, indicando tendência de eficiente fonte de nutrientes.

## REFERÊNCIAS

- BALOTA, E.L. et al. 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, 1988
- BITTENCOURT, K.S.Q.Q. *Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em um argissolo vermelho amarelo sob vegetação de cerrado e cultivo de grãos em Redenção Pará*. 2003. 119p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2003.
- CATTELAN, A.J. *Sistemas de culturas e os microorganismos do solo*. 1989. 150 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Solos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.
- COLOZZI – FILHO, A.; ANDRADE, D. V.; BALOTA, E. L. Atividade microbiana em solos cultivados em sistemas de plantio direto. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.22, n. 208, p. 84-91, 2001.
- DUARTE, A. N. *Avaliação da biomassa microbiana de um Argissolo sob diferentes sistemas Agroflorestais instalados no município de Igarapé-Açu, Pará*. 2003. 86p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2003.
- EMBRAPA .CNPS. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- GAMA-RODRIGUES, E.F. da. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A;CAMARGO, F.A.O. (Eds). *Fundamentos da matéria orgânica do solo - Ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 227-244.
- JENKINSON, D.S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (Eds.). *Soil biochemistry*. New York: Marcel Dekker, 1981. v.5, p 415–471.
- LUIZÃO, R. C. C. *Variações temporais da biomassa microbiana e aspectos da ciclagem do nitrogênio em solos de floresta natural e de sistemas manejados na Amazônia Central*. 1989. 67p. Dissertação (Mestrado) - PPG INPA/FUA, Manaus, 1989.
- MALAVOLTA, E.; VITTI,G.C.; OLIVEIRA, S. de. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

- MARTINS, P. F. da S. *Propriedades de solos sob floresta natural e sua alteração em consequência do desmatamento e cultivo na Amazônia Oriental*. 1987. 233p. Tese (Doutorado em Agronomia) – ESALQ. USP, Piracicaba, 1987.
- MELLO, F. A. F. et al. *Fertilidade do solo*. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1985. 400p.
- MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, DF, v. 39, n.11, 2004.
- RUIVO, M.L.P. *Vegetação e características do solo como indicadores de reabilitação de áreas minerada na Amazônia Oriental*. 1998. 100p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 1998.
- SERRÃO, E. A. S.; FALESI, I. C. Pastagens do trópico úmido brasileiro. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 4., 1997, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba:ESALQ, 1997.
- SILVA, I. C. *Viabilidade agroeconômica do cultivo do cacauzeiro (Theobroma cacao L.) com açazeiro (Euterpe oleraceae Mart.) e com pupunha (Bactris gasipaes Kunth) em sistema agroflorestal na Amazônia*. 2000. 143p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.
- SILVA, S. B. E. *Análise de solos*. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia. Serviço de Documentação e Informação, 2003. 152p.
- SILVA Jr., M. L. da et al. Atividade e carbono da biomassa microbiana como indicadores da qualidade de um Latossolo Amarelo do sudeste paraense sob mata explorada, cultivo de grãos e pastagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto:UNESP, 2003.
- SMITH, J. L.; PAUL, E. A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J. M.; STOTZKY, G. (Eds.). *Soil biochemistry*. New York: Marcel Dekker, 1990. v.6, p. 357-396.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology & Biochemistry*, v.19, n. 6, p.703-707, 1987.
- VEIGA, J. B. da; ALVES, C. P.; MARQUES, L. C. T.; VEIGA, D. F. da *Sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 62p. (Documentos, 56).
- WALKLEY, A; BLACK, I. A. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, Baltimore, v.37, p. 29-38, 1934.
- WANDELLI, V. E. et al. Aspectos biofísicos da recuperação de áreas de pastagens degradadas através de sistemas agroflorestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., 2000, Manaus. *Anais...* Manaus, 2000.

WARDLE, D. A.; HUNGRIA, M.A. A biomassa microbiana do solo e sua importância nos ecossistemas terrestres. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Eds.). *Microorganismos de importância agrícola*. Brasília,DF: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 193-216.