



## Indicadores Ambientais da Qualidade de um Latossolo Amarelo, sob Diferentes Sistemas de Uso, no Nordeste do Pará.

SILVA, GEORGE RODRIGUES DA<sup>(1)</sup>; SENA, WELLITON DE LIMA<sup>(2)</sup>; SILVA JÚNIOR, MÁRIO LOPES DA<sup>(3)</sup> & FRAZÃO, DILSON AUGUSTO CAPUCHO<sup>(4)</sup>

### Resumo

As atividades agrícolas, pecuárias e madeireiras, 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. 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 foi avaliar o carbono da biomassa microbiana (CBM), carbono orgânico (CO), N total, matéria orgânica, razão CBM/CO e C/N de um Latossolo Amarelo, na profundidade de 0-0,2m, sob arranjos de sistemas agroflorestais e sistemas convencionais envolvendo cacau (*Theobroma cacao*), pupunha (*Bactris gasipaes*) e açaí (*Euterpe oleraceae*) em dois períodos de amostragem (seco e chuvoso), e compará-los com as mesmas variáveis em condições de floresta secundária. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, comportando dois sistemas agroflorestais (cacau + açaí e cacau + pupunha), dois sistemas convencionais (açazeiro e pupunheira), além do sistema de floresta secundária, em quatro repetições. A razão CBM/CO 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.

**Palavras-chave:** Biomassa microbiana, Sistemas agroflorestais, Amazônia.

### Introdução

A adoção de práticas agrícolas inadequadas, aliada à baixa fertilidade natural dos solos da Amazônia, tem provocado alterações negativas no meio ambiente, levando ao estabelecimento de ecossistemas pouco estáveis.

Esforços têm sido desenvolvidos na busca de alternativas para o uso dos recursos naturais que melhor se adequem aos ecossistemas amazônicos, com o mínimo de impacto possível, ou ainda, como vias de mecanismos que possibilitem a recuperação de áreas

alteradas e degradadas devido a má utilização desses recursos.

Apresentando características de recuperação e manutenção do aporte de matéria orgânica, pois reúnem um conjunto de técnicas, onde árvores lenhosas ou palmeiras são usadas em um manejo combinado com cultivos e/ou animais, os SAF apresentam-se como alternativas viáveis para a recuperação de áreas desgastadas pelo mau uso [ 1 ].

Na prática, os SAF atendem a vários objetivos, tais como: aumentar o teor de matéria orgânica no solo e proporcionar grande quantidade de biomassa protegendo o solo contra efeitos erosivos e elevação da temperatura [ 2 ], sendo reconhecidamente modelos de exploração de solos que mais se aproximam ecologicamente da floresta natural e, por isso, considerados como importante alternativa de uso sustentado do ecossistema tropical úmido [ 1 ].

A cacauicultura é considerada a mais eficiente comunidade vegetal, no que se refere à proteção dos solos tropicais contra agentes de degradação, por possuir muitas das características da floresta natural com qualidades especiais para compor sistemas agroflorestais, proporcionando a sustentabilidade de sistemas de produção estratificados [ 3 ].

A técnica de cultivo através do sistema Alley Cropping, que serviu de base para a implantação dos SAF estudados, se apresenta como a mais viável para áreas tropicais úmidas, uma vez que a cobertura morta formada a partir da poda dos arbustos, além de proteger a camada superficial do solo, proporciona imediato estoque de biomassa e matéria orgânica no solo [ 4 ].

O objetivo do estudo foi avaliar os atributos carbono da biomassa microbiana (CBM), carbono orgânico (CO), N total, matéria orgânica (MO), razão CBM/CO e C/N de um Latossolo Amarelo do Nordeste paraense, sob arranjos de sistemas convencionais e sistemas agroflorestais envolvendo cacau, pupunha e açaí e compará-los com as mesmas variáveis em condições de solo de vegetação secundária, em dois períodos distintos de amostragem (seco e chuvoso), a fim de determinar se os SAF proporcionam sustentabilidade econômica e ambiental aos ecossistemas..

### Material e Métodos

O estudo foi realizado na Estação Experimental ERJOH da CEPLAC, no município de Marituba, Pará, utilizando delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições, comportando ecossistemas com 14 anos de idade, constituídos por dois SAF (cacau+açaí e cacau+pupunha), dois sistemas convencionais (açazeiro e pupunheira), além do sistema de floresta secundária (30

anos), instalados em solo classificado como Latossolo Amarelo [ 5 ].

Nas amostras do solo coletadas à profundidade de 0-0,2m, em fevereiro e outubro/2004, épocas de maior e menor precipitação fluvial, foram analisadas as variáveis: carbono da biomassa microbiana pelo método de fumigação-extração [ 6 ], carbono orgânico através da metodologia de Walkley-Black, e nitrogênio total determinado pelo método micro-Kjeldahl [ 7 ]. Matéria orgânica, razão C/N e razão CBM/CO, foram determinadas a partir das variáveis analisadas.

Os SAF foram constituídos de maneira a representar combinações entre o cacauzeiro e o açaizeiro ou a pupunheira, sob uma variação do modelo “Alley Cropping”. Os tratamentos foram assim especificados: **CA** – Fila dupla de açaizeiro (3 x 2m) intercalada com fila tripla de cacauzeiro (2,5 x 2m); **CP** – Fila dupla de pupunheira (3 x 2m) intercalada com fila tripla de cacauzeiro (2,5 x 2m); **A** – Açaizeiro em monocultivo no espaçamento 3 x 1,5m; **P** – Pupunheira em monocultivo no espaçamento 3x1,5m; **FS** – Área de floresta secundária próxima dos tratamentos estudados.

Os dados das variáveis obtidas em cada época de amostragem, distintamente, em função dos diferentes sistemas de uso do solo, foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas por meio do teste de Duncan, em nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas no software Statistical Analysis System-SAS.

## Resultados e Discussão

As médias de carbono orgânico do solo coletado no período chuvoso (fevereiro) mostraram ligeira superioridade, em termos de valores absolutos, em relação ao período seco, com valores que variaram de 11,59g/kg no sistema com cacau + açaí, até 13,05g/kg no sistema com açaizeiro, sem diferenças significativas (Fig. 1). É possível que as condições favoráveis de umidade durante o período de maior precipitação pluvial, tenham intensificado os processos de humificação, contribuindo para os maiores valores de carbono orgânico encontrados [ 8 ]

No período seco (outubro), os valores foram de 10,47g/kg na floresta secundária, até 10,98g/kg com açaizeiro, também, sem diferenças significativas. Independentemente do período de amostragem e dos sistemas de uso do solo, todos os valores para carbono orgânico são considerados de nível médio [ 9 ].

Na Fig. 2 observa-se que as médias de nitrogênio do solo com sistema formado por pupunheira (1,23g/kg) superou todos os demais sistemas, porém, semelhante estatisticamente aos SAF com cacau + pupunha (1,09g/kg) e cacau + açaí (1,08g/kg). Por sua vez, estes dois últimos sistemas não diferiram significativamente do açaizeiro (0,98g/kg) e da floresta secundária (1,02 g/kg), que apresentaram os menores resultados.

Quando o solo foi coletado no período seco, o sistema com pupunheira foi superior estatisticamente aos demais sistemas, com 1,0g/kg. Nos demais sistemas, os valores para nitrogênio não diferiram significativamente, variando de 0,75g/kg no açaizeiro, a 0,86g/kg no SAF com cacau + pupunha. De modo geral, estes valores foram menores que os encontrados no período chuvoso.

O processo de mineralização da matéria orgânica, favorecido pelas condições favoráveis de umidade, pode ter concorrido para o incremento da disponibilidade de nitrogênio no solo coletado no período chuvoso, especialmente no sistema com pupunheira. Quanto aos SAF, segundo Veiga [ 10 ], estes apresentam-se eficientes na ciclagem de nutrientes e no aporte de matéria orgânica, o que contribui para a maior disponibilidade de nitrogênio no solo.

Duarte [ 8 ] trabalhando com diferentes sistemas agroflorestais em Igarapé-Açu, Pará, , concluiu que houve maior mineralização e reserva do N pela microbiota do solo, com o aumento da umidade.

Para ambos os períodos de coleta, independentemente do sistema de uso, as médias de N são consideradas de nível médio [ 11 ].

As médias de matéria orgânica obtidas no solo coletado no período chuvoso, variaram de 19,93g/kg (cacau + açaí) a 22,51g/kg (açaizeiro), sem diferenças estatísticas significativas (Fig.3). No período seco, os valores apresentados foram semelhantes aos obtidos no período chuvoso, com valores que foram de 18,73g/kg (pupunheira) até 22,16g/kg (cacau + pupunha), sem diferenças significativas.

Normalmente, quanto a floresta é substituída por sistemas de uso inadequados, a reciclagem dos nutrientes é interrompida pela derrubada e queima da biomassa da floresta, reduzindo a matéria orgânica e os teores de N e S, principalmente, determinando, com o passar do tempo, a completa degradação do solo [ 12 ]. Entretanto, os resultados obtidos neste estudo mostram que os SAF e os monocultivos estudados, apresentaram desempenho semelhante ao da floresta, quanto ao aporte de matéria orgânica.

Para os dois períodos de amostragem do solo, independentemente do sistema de uso, os valores de matéria orgânica são considerados de nível médio [ 9 ].

As médias da relação C/N em todos os sistemas de uso, para os dois períodos de coleta (chuvoso e seco) do solo, estão entre 10 e 16 (Fig. 4), indicando que os processos de mineralização estão predominando e que a matéria orgânica está funcionando como eficiente fonte de nutrientes [ 11 ]. Os maiores valores para a relação C/N encontrados no 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, conforme afirmativas de [ 13 ].

O maior valor para carbono da biomassa microbiana (CBM) ocorreu no solo coletado no período chuvoso, sob sistema com pupunheira (0,95g/kg). Nos demais sistemas,

as médias variaram de 0,85g/kg com cacau + pupunha, a 0,60g/kg com açaizeiro (Fig. 5).

No solo coletado no período seco, os maiores valores variaram de 0,34g/kg (pupunheira) a 0,28g/kg (cacau + pupunha), enquanto o menor valor ocorreu no sistema com açaizeiro (0,20g/kg).

A superioridade dos valores de CBM no período chuvoso, independentemente do sistema de uso, pode ser devida ao maior teor de umidade do solo, promovendo maior atividade da microbiota do solo, conforme discussão anterior. Correlação positiva entre CBM e o aumento da disponibilidade de água, foram encontrados em trabalho com diferentes sistemas de uso do solo [ 8,14 ]. Resultados de trabalhos encontrados na literatura, indicam o CBM como bom atributo para avaliação da qualidade do solo em sistemas agrícolas [ 15,16 ]

Os valores para a razão  $C_{\text{microbiano}}/C_{\text{orgânico}}$  existentes no solo coletado no período chuvoso, foram de 4,6 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 durante período seco, os valores variaram de 1,8 com cacau + açaí, a 3,1 com pupunheira (Fig. 6).

De um modo geral, os valores para a razão  $C_{\text{microbiano}}/C_{\text{orgânico}}$  foram maiores no período chuvoso, indicando maior acúmulo de biomassa microbiana, devido, provavelmente, ao maior teor de umidade existente no solo, proporcionando condições favoráveis ao desenvolvimento dos microrganismos, de acordo com Balota et al. [ 13 ].

No período mais chuvoso, em função dos maiores valores para o quociente microbiano encontrados, os SAF estudados foram tão ou mais eficientes que a floresta secundária, em promover condições favoráveis a uma maior mobilização do carbono orgânico pelos microrganismos do solo, tornando-o fixado temporariamente como  $C_{\text{microbiano}}$ . Resultados semelhantes, com a mesma justificativa, são relatados por Duarte [ 8 ].

## Conclusões

-As variáveis estudadas, à exceção da relação C/N, sofreram influência positiva do período chuvoso.

- A razão  $C_{\text{microbiano}}/C_{\text{orgânico}}$  mostrou ser um bom indicador das alterações na matéria orgânica, sendo que os altos valores encontrados no período chuvoso, indicam que está havendo acúmulo de C nos sistemas de uso estudados.

- Os SAF foram tão eficientes quanto a floresta secundária, no aporte de matéria orgânica, caracterizando-se como alternativas viáveis de uso do solo, na recuperação e reintegração de áreas alteradas, aos processos de produção sustentável.

## Referências

[ 1 ] NAIR, P. K. R. 1993. *An Introduction at Agroforestry*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 499 p.

[ 2 ] FERREIRA, C.P. 2004. *Atributos físicos-hídricos e químicos do solo em sistemas agrícolas na microrregião de Castanhal, Pará*. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, UFRA, Belém.

[ 3 ] ALVIM, P. de T. 1989. Tecnologias apropriadas para agricultura nos trópicos úmidos. *Agrotropica*, Ilhéus, 1: 5-23.

[ 4 ] KANG, B. T. 1993. Alley cropping: past achievements and future directions. *Agroforestry Systems*, Dordrecht, 23: 141-155

[ 5 ] EMBRAPA-CNPS. 1999. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro, 412p.

[ 6 ] VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. 1987. Na extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology & Biochemistry*, 19(6): 703-707.

[ 7 ] BREMNER, J.M. 1965. Total nitrogen. In: BLACK, C.A. *Methods and soil analysis*. Madison:ASA, p.1149-1178.

[ 8 ] DUARTE, A. N. 2003. *Avaliação da biomassa microbiana de um Argissolo sob diferentes sistemas Agroflorestais instalados no município de Igarapé-Açu, Pará*. Dissertação de Mestrado em Agronomia UFRA, Belém

[ 9 ] SILVA, S. B. 2003. *Análise de solos*. Belém:Universidade Federal Rural da Amazônia. Serviço de Documentação e Informação, 152p.

[ 10 ] V EIGA, J. B. da; ALVES, C. P.; MARQUES, L. C. T.; VEIGA, D. F. da. 2000. *Sistemas Silvopastoris na Amazônia Oriental*. Belém:Embrapa Amazônia Oriental.(Documentos, 56).

[ 11 ] MELLO, F. A. F. et al. 1985. *Fertilidade do Solo*. Piracicaba. 400p.

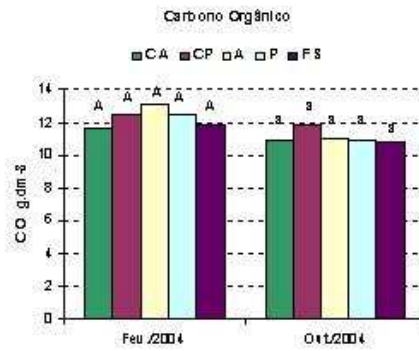
[ 12 ] MARTINS, P. F. da S. 1987. *Propriedades de solos sob floresta natural e sua alteração em consequência do desmatamento e cultivo na Amazônia Oriental*.Tese de Doutorado em Agronomia, ESALQ/USP, Piracicaba.

[ 13 ] BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. 1998. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22:641-649.

[ 14 ] LUIZÃO, R. C. C. 1989. *Variações temporais da biomassa microbiana e aspectos da ciclagem do nitrogênio em solos de floresta natural e de sistemas manejados na Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado. PPG INPA/FUA, Manaus.

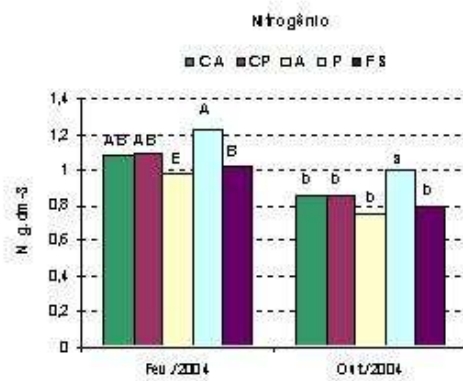
[ 15 ] WARDLE, D. A.; HUNGRIA, M.A.1994. A biomassa microbiana do solo e sua importância nos ecossistemas terrestres. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Eds.) *Microrganismos de importância agrícola*. Brasília, EMBRAPA-SPI, p. 193-216.

[ 16 ] GAMA-RODRIGUES, E.F. 1999. 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,RS: Gênese. p. 227- 244.



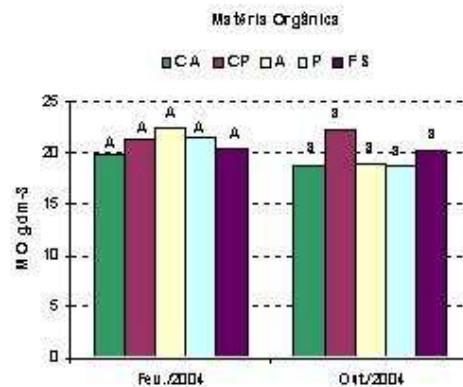
Médias seguidas de letras iguais, para cada período de amostragem, isoladamente, não diferem entre si, ao nível de 5% pelo Teste de Duncan.

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



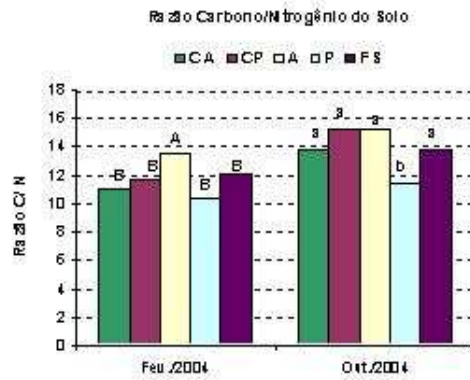
Médias seguidas de letras iguais para cada período de amostragem, isoladamente, não diferem entre si, ao nível de 5% pelo Teste de Duncan.

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



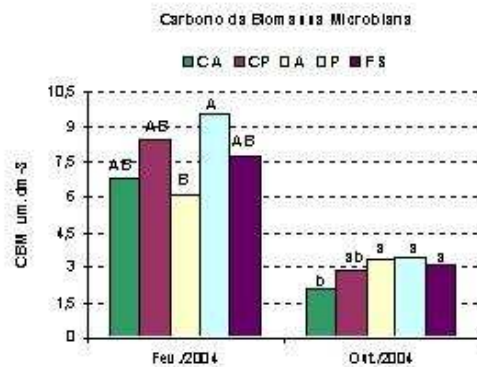
Médias seguidas de letras iguais para cada período de amostragem, isoladamente, não diferem entre si, ao nível de 5% pelo Teste de Duncan.

**Figura 3.** Médias das concentrações de matéria orgânica, em Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso, coletado em fevereiro e outubro/2004, Marituba, Pará.



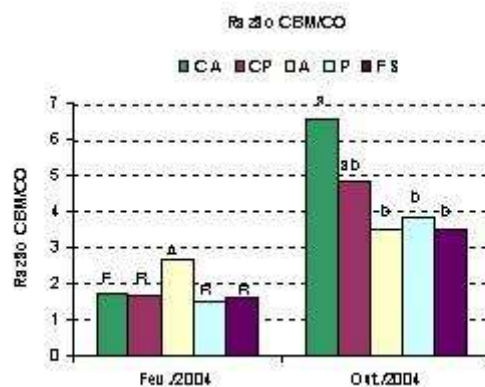
Médias seguidas de letras iguais para cada período de amostragem, isoladamente, não diferem entre si, ao nível de 5% pelo Teste de Duncan.

**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.

**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  $C_{\text{carbono orgânico}} / C_{\text{carbono da biomassa microbiana}}$  em Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso, coletado em fevereiro e outubro/2004, Marituba, Pará.