

Carbono, nitrogênio e biomassa microbiana do solo em áreas sob cultivo exclusivo e consorciado de macaúba e pastagem no Cerrado maranhense

SANDRA REGINA DA SILVA GALVÃO⁽¹⁾, CLAUDYANNE DO NASCIMENTO COSTA⁽²⁾, LUIZ FERNANDO CARVALHO LEITE⁽³⁾, JOÃO RODRIGUES DA CUNHA⁽⁴⁾, EUGÊNIO CELSO EMÉRITO ARAÚJO⁽³⁾ & NILTON TADEU VILELA JUNQUEIRA⁽⁵⁾

RESUMO – A macaúba apresenta grande potencial para produção de óleo e o seu consórcio com pastagem sob o sistema silvipastoril pode melhorar as propriedades do solo por meio do aporte de matéria orgânica. O presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos dos cultivos exclusivo e consorciado de macaúba e pastagem sobre os teores de carbono e nitrogênio e biomassa microbiana do solo. Amostras de solo foram coletadas em quatro sistemas de uso do solo: Macaúba – MAC; Pastagem – PAST, Macaúba+Pastagem – MAC+PAST e vegetação nativa – VN). Foram determinados os teores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), biomassa microbiana (Cmic) e quociente microbiano e estimar a contribuição dos sistemas no sequestro ou emissão de CO₂ atmosférico. Os maiores ($p > 0,05$) teores de C foram observados na VN, intermediários no consórcio MAC+PAST e menores nos sistemas exclusivos MAC e PAST nas camadas 0-5 e 5-10 cm. Nas demais camadas, a VN foi maior do que todos os outros sistemas. O teor de N foi maior na VN e PAST e menor na MAC+PAST e MAC na camada 0-5 cm. Os teores de Cmic variaram de 48,6 (MAC+PAST) a 531 (MAC) mg kg⁻¹ na camada superficial (0-5 cm). O teor de Cmic diminuiu com a profundidade em quase todos os sistemas, com exceção apenas do consórcio MAC+PAST. A pastagem foi o sistema que emitiu mais C-CO₂ para a atmosfera, com uma taxa de 7,87 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, e o consórcio macaúba+pastagem e macaúba o que menos emitiu (4,55 e 4,95 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente). A conversão de sistemas naturais em pastagem causa maior liberação de C-CO₂ para a atmosfera, por conta das ações antrópicas no ambiente.

Palavras-Chave: sistema silvipastoril, efeito estufa, atividade microbiana.

Introdução

A demanda potencial de biodiesel projetada para os próximos anos tem buscado o desenvolvimento de estudos que subsidiem o emprego de fontes alternativas de matérias-primas para a produção de agroenergia. A palmeira macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. Ex Martius) apresenta grande potencial para produção de óleo com vasta aplicação nos setores industriais e energéticos, com vantagens sobre outras leguminosas,

principalmente com relação à sua maior rentabilidade agrícola e produção total de óleo [1].

Além da produção de óleo, a outra grande vantagem do cultivo da macaúba é seu uso em sistemas silvipastoris, uma vez que a macaúba é uma espécie perene, tolerante à seca e queimadas e apresenta boa capacidade adaptativa em solos de baixa fertilidade, além de ser uma espécie pioneira comum em áreas que sofreram intervenção antrópica recente, principalmente em áreas de pastagem [1].

O uso do solo na agricultura, após a retirada da vegetação natural, tem freqüentemente mostrado alterações nas propriedades químicas e biológicas do solo, as quais são dependentes das condições do solo, do clima, do tipo de cultura e das práticas culturais adotadas [2].

A biomassa microbiana, a atividade da biomassa e o carbono orgânico do solo são atributos muito sensíveis ao manejo do solo, sendo os primeiros a serem afetados quando ocorre a mudança de um sistema em que não há ação antrópica, para um sistema cultivado. Por isso, deve-se definir níveis adequados de cada atributo do solo a fim de se realizar o manejo com menor degradação do solo [3]. A biomassa microbiana constitui um meio de transformação para todos os materiais orgânicos do solo, e atua como reservatório de nutrientes disponíveis às plantas [2].

Entretanto pouco se conhece sobre a utilização da macaúba em sistemas silvipastoris na dinâmica da matéria orgânica do solo, por esse motivo, o objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de carbono, nitrogênio, biomassa microbiana e quociente microbiano no solo sob pastagem e macaúba exclusivo e consorciado e estimar a contribuição dos sistemas no sequestro ou emissão de CO₂ atmosférico.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no município de Tuntum (05°15'29" S e 44°38'56" W, 175 m de altitude), na região central do Maranhão, na fazenda São Raimundo. A precipitação e temperatura médias anuais variam de 1500 a 2000 mm e de 21° a 32° C, respectivamente. O solo nos sistemas estudados é um LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico. Para a realização do estudo, quatro sistemas de uso do solo foram selecionados: macaúba preservada (MAC), macaúba consorciada com pastagem (MAC+PAST), pastagem (PAST) e vegetação nativa (VN) (vegetação de cerrado preservada e sem histórico de ação

⁽¹⁾ Bolsista DTI/CNPq Embrapa Meio-Norte, Av. Duque de Caxias, 5650, Bairro Buenos Aires, Teresina-PI, CEP 64006-220. E-mail: reginassg@uol.com.br

⁽²⁾ Graduanda do Curso de Engenharia Agrônômica, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Campus do ININGA, Piauí, PI. E-mail: claudyannecosta@hotmail.com.br.

⁽³⁾ Pesquisador da Embrapa Meio-norte, Teresina-PI, CEP 64006-220. E-mails: luif@cpamn.embrapa.br, eugenio@cpamn.embrapa.br.

⁽⁴⁾ Graduando do curso de Engenharia Agrônômica, CCA/UESPI, União-PI. E-mail: joagronom@hotmail.com

⁽⁵⁾ Pesquisador da Embrapa Cerrados, BR 020, km 18, Planaltina-DF, CEP 73310-970. E-mail: junqueir@cpac.embrapa.br

antrópica).

As amostras de solo foram coletadas em sete repetições. Cada repetição correspondeu a três amostragens simples numa área de 100 m², para formação de uma composta.

Para determinação dos teores de carbono orgânico total (COT), as amostras de solo foram trituradas em almofariz e passadas em peneira de malha 0,21 mm, quantificada por oxidação da matéria orgânica via úmida, empregando solução de dicromato de potássio em meio ácido, com fonte externa de calor [4]. O Nitrogênio total (NT) do solo foi determinado por meio da digestão sulfúrica e quantificado por destilação Kjeldhal [5]. A biomassa microbiana (Cmic) foi determinada pelo método da irradiação-extração, utilizando forno de microondas (Cônsul, frequência de 2450 MHz, energia a 900W por 180 segundos) [6]. O extrator utilizado foi K₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹ e o carbono contido nos extratos foi quantificado por meio de procedimento por oxidação úmida [4]. O fator de conversão (K_C) usado para converter o fluxo de C para C da biomassa microbiana (Cmic) foi 0,33. A proporção Cmic/COT ou quociente microbiano foi calculado para refletir os aportes de C e a conversão de substratos orgânicos para o C da biomassa microbiana [7]. Os estoques do COT foram usados para calcular a contribuição dos sistemas de manejo na emissão ou seqüestro de C-CO₂ pelo solo, convertendo o estoque de C em CO₂ (fator de conversão: 3,67 - massa molar do CO₂/massa molar do C) e subtraindo o valor de CO₂ do sistema de manejo pelo sistema referência, no nosso caso a vegetação nativa. Considerou-se o fator de conversão de C para CO₂ de 3,67 [8].

O efeito dos sistemas nas variáveis quantitativas em estudo foi submetido à análise de variância para cada profundidade, e as médias comparadas pelo teste HSD Tukey, a 5% de probabilidade. A relação entre o Cmic e a concentração de C orgânico total nas amostras de solo foi analisada por regressão, de forma conjunta para todas as camadas de solo, considerando-se o COT como variável contínua independente e Cmic como variável dependente.

Resultados

Os maiores (p>0,05) teores de C foram observados na VN, intermediário no consórcio MAC+PAST e menor nos sistemas solteiros MAC e PAST nas camadas 0-5 e 5-10 cm, nas demais camadas a VN foi maior do que todos os outros sistemas (Tabela 1). Motta et al. [1] pesquisando áreas de ocorrência de macaúba e avaliando os atributos do solo verificaram teor de C semelhante ao do presente trabalho com valor de 16 g kg⁻¹ na camada superficial (0-10 cm). Os sistemas MAC, PAST e MAC+PAST reduziram os teores de C em 39, 34 e 20% em comparação à VN na camada superficial (0-5 cm).

O teor de N foi maior na VN e PAST e menor na MAC+PAST e MAC na camada 0-5 cm. Nas camadas 5-10, 10-20 e 20-40 o teor foi maior na VN e menor na

MAC e MAC+PAST. Já na camada mais profunda (40-60 cm), os maiores teores estavam contidos na PAST e os menores na MAC+PAST (Tabela 1). A redução no teor de N dos sistemas MAC, PAST e MAC+PAST em comparação com a VN foi de 27, 2 e 23% na camada 0-5 cm. O teor de N reduziu menos do que o C, dos sistemas antrópicos em relação a VN.

Os teores de Cmic variaram de 48,6 (MAC+PAST) a 531 (MAC) mg kg⁻¹ na camada superficial (0-5 cm). O teor de Cmic diminuiu com a profundidade em quase todos os sistemas, com exceção apenas do consórcio MAC+PAST. O decréscimo foi de 42, 22 e 23% para a camada 5-10 cm e de 89, 64 e 73% na camada 40-60 cm nos sistemas MAC, PAST e VN, respectivamente (Tabela 1).

O quociente microbiano foi maior no solo sob PAST em comparação com os outros sistemas em todas as profundidades estudadas, com exceção do sistema MAC na camada 0-5 cm, que foi igual, e menor no consórcio MAC+PAST até a camada 10-20 cm. Nas camadas mais profundas (20-40 e 40-60 cm), os sistemas MAC, MAC+PAST e VN não diferiram entre si.

O ajuste do teor de Cmic em função do C org total foi linear para os sistemas MAC, PAST e VN e quadrática para o consórcio MAC+PAST, com uma taxa de aumento de 38, 20 e 14 mg de Cmic por cada g de aumento do C org total para os sistemas com ajuste linear (Tabela 2).

A pastagem foi o sistema que emitiu mais C-CO₂ para a atmosfera, com uma taxa de 7,87 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, e o consórcio macaúba+pastagem e macaúba o que menos emitiu (4,55 e 495 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente) (Figura 1).

Discussão

O maior teor de C na VN deve-se ao fato da conservação dos níveis de matéria orgânica no solo, principalmente nas camadas superficiais (0-5 e 5-10 cm) e a adoção de diferentes sistemas de uso do solo afetou os teores de C do solo pela modificação na taxa de decomposição da matéria orgânica e por meio da alteração do aporte anual de resíduos orgânicos [9, 10].

A combinação da MAC com PAST aumentou o teor de C, quando comparamos com a MAC preservada. Esse resultado provavelmente seja causado pelo acúmulo de resíduos da macaúba e resíduo animal depositados ao solo, além do que as gramíneas perenes presentes nas pastagens apresentam sistema radicular abundante e elevada rizodeposição, o que favorece a manutenção dos teores de matéria orgânica [11].

A principal perda de COT em áreas utilizadas para a agricultura é devido à intensificação da atividade biológica provocada pelo revolvimento do solo, pela correção da acidez e pela adubação, que proporciona um ambiente mais favorável à ação dos microrganismos, pois, cria-se um ambiente com maior teor de água em profundidade, melhores condições de arejamento e disponibilidade de nutrientes [12, 3].

A biomassa microbiana nos sistemas MAC, PAST e VN se concentrou principalmente nas camadas superficiais (0-5 e 5-10 cm), que corresponde à camada com maior presença

de matéria orgânica e raiz, fonte de energia para a microbiota do solo. A presença de baixos teores de Cmic no consórcio MAC+PAST se deve provavelmente ao maior pastejo do gado neste sistema. Marchiori Júnior e Melo [2], analisando o C microbiano, encontrou teores semelhantes entre pastagens com 20 ou 25 anos e mata natural. As áreas sob cerrado nativo e pastagem não sofreram revolvimento e tinham como cobertura, gramíneas nativas e exóticas, as quais possuem sistema radicular abundante, o que aumenta a liberação de exudatos (fonte de energia), proporcionando aumento da população de microrganismos na rizosfera [13].

O quociente microbiano é usado para relacionar a biomassa microbiana à disponibilidade de COT no solo. Em ecossistemas tropicais esse quociente varia de 1,8 a 4% para solos de floresta [14]. Deste modo, o solo sob VN encontra-se com baixa densidade e intensidade microbiana, provavelmente devido às condições adversas ao crescimento microbiano, como a presença de solos ácidos nas vegetações nativas do Cerrado. Os sistemas MAC e PAST apresentam um maior reservatório proporcional da matéria orgânica ativa do solo, com valores de 1,94 à 3,27% entre as camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm.

A maior emissão de C-CO₂ da pastagem talvez seja consequência da maior perturbação do solo causado pelas ações antrópicas, quando comparado com a MAC. O sistema MAC+PAST foi implantado há 15 anos, e a adoção do consórcio proporcionou menor emissão de C-CO₂ quando comparamos com a pastagem solteira. Com isso, a adoção do cultivo consorciado de MAC+PAST tende a reduzir a emissão de CO₂, provavelmente devido ao aporte de MO que a macaúba fornece pelos seus resíduos vegetais quando caem no solo.

Conclusões

1. A adoção de sistema de manejo que propicie o aporte de resíduos orgânicos e perturbe menos o solo aumenta a quantidade de COT, NT e biomassa microbiana do solo.
2. A conversão de sistemas naturais em pastagem causa maior liberação de C-CO₂ para a atmosfera, por conta das ações antrópicas no ambiente.
3. O consórcio de palmeira oleaginosa com pastagem aumenta os teores de COT, NT e biomassa microbiana do solo e diminui a emissão de gás carbônico para a atmosfera.

Agradecimentos

Ao CNPq e a FUNARBE/FINEP/NOVBIO pelo apoio financeiro ao desenvolvimento do projeto.

Referências

- [1] MOTTA, P. E. F.; CURTI, N.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; GOMES, J. B. V. 2002. Ocorrência de macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:1023-1031.
- [2] MARCHIORI JUNIOR, M.; MELO, W. J. 2000. Alterações na matéria orgânica e na biomassa em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35: 1177-1182.
- [3] SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. 2006. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes manejos. *Acta Scientiarum Agronomy*, 28: 323-329.
- [4] YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. 1988. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications Soil Science Plant Analysis*, 19: 1467-1476.
- [5] BREMNER, J. M. 1996. Nitrogen Total. In: SPARKS, D. L. *Methods of Soil Analysis: Part 3*. Madison, SSA Book Series, 5: 1085-1121.
- [6] ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. 1998. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. *Biology and Fertility of Soils*, 27: 408-416.
- [7] SPARLING, G. P. 1997. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: PANKHURST, C.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Eds.). *Biological Indicators of Soil Health*. New York. CAB, p. 97-119.
- [8] LEITE, L. F. C. 2002. *Compartimentos e dinâmica da matéria orgânica do solo sob diferentes manejos e sua simulação pelo modelo Century*. Tese de Doutorado. Viçosa Universidade Federal de Viçosa, 2002. 146p. (Tese de Doutorado)
- [9] MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. 2006. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. *Revista Árvore*, 30: 837-848.
- [10] SILVA, M. B.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M.; LAINNA, A. C. 2007. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:1755-1761.
- [11] ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. 2000. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 79: 9-16.
- [12] LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. 2003. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 821-832.
- [13] MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. 2003. 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*, 27: 425-433.
- [14] FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; RAMOS, M. L. G. 2007. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31: 1625-1635.

