



## Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúba e pastagem

Luiz F. C. Leite<sup>1</sup>, Francineuma P. de Arruda<sup>2</sup>, Claudyanne do N. Costa<sup>3</sup>,  
Juscélia da S. Ferreira<sup>4</sup> & Manoel R. Holanda Neto<sup>5</sup>

### RESUMO

Neste trabalho objetivou-se avaliar o efeito do monocultivo e do consórcio de macaúba e pastagem sobre a qualidade química e os compartimentos de carbono em Latossolo Vermelho-Amarelo no Cerrado Maranhense. Foram estudados quatro sistemas de uso do solo: macaúba, pastagem, macaúba consorciada com pastagem e vegetação nativa de cerrado. Nesses sistemas foram coletadas amostras de solo da superfície até 60 cm, para determinação dos atributos químicos e dos teores e estoques de carbono orgânico do solo. Os maiores valores de P, K, Ca e Mg foram observados nas áreas sob pastagem. Os estoques de carbono orgânico total e os teores de carbono lábil foram maiores no solo com vegetação nativa até 60 cm de profundidade, seguida pelo sistema macaúba associada com pastagem. Maiores valores de carbono da biomassa microbiana e de quociente microbiano foram observados no solo sob pastagem em todas as camadas. A presença da pastagem é importante no consórcio com macaubeiras pois aumenta os níveis de fertilidade do solo e os estoques de carbono favorecendo a melhoria da qualidade do solo nas condições do cerrado maranhense.

Palavras-chave: cerrado, oleaginosas, agrofloresta, fertilidade do solo, matéria orgânica do solo

## Chemical quality of soil and dynamics of carbon under monoculture and intercropping of acrocomia palm and pasture

### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of the cultivation of acrocomia palm (*Acrocomia aculeata*) intercropped or not with pasture on the chemical quality and carbon pools of an Oxisol of the Savanna of Maranhão state. Four land use systems were studied: acrocomia, pasture, acrocomia intercropped with pasture and savanna native vegetation. Soil samples were collected up to 60 cm depth for determination of chemical attributes and soil organic carbon contents and stocks. The highest values of P, K, Ca and Mg were observed in the soil under pasture. Total organic carbon stocks and labile carbon content were higher under native vegetation up to 60 cm followed by acrocomia intercropped with pasture system. Higher values of microbial biomass carbon and microbial quotient were verified in the soil under pasture in all depths. Pasture is important to be intercropped with acrocomia since it increases the soil fertility levels and soil carbon stocks favoring the improvement of the soil quality in the Savanna of Maranhão state.

Key words: cerrado, oilseed crop, agroforestry, soil fertility, soil organic matter

<sup>1</sup> Embrapa Meio-norte, Av. Duque de Caxias, 5650, Bairro Buenos Aires, CEP 64006-220, Teresina, PI. E-mail: [luiif@cpamn.embrapa.br](mailto:luiif@cpamn.embrapa.br)

<sup>2</sup> CCA/UESPI, Rua José Moita, S/N - Bairro São Sebastião, CEP 64120-000, União, PI. E-mail: [neuma-arruda@hotmail.com](mailto:neuma-arruda@hotmail.com)

<sup>3</sup> CCA/UFPI, Campus do Ininga, CEP 64049-550, Teresina, PI. E-mail: [claudyannecosta@hotmail.com.br](mailto:claudyannecosta@hotmail.com.br). Bolsista da CAPES

<sup>4</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo/UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE. E-mail: [jusce\\_17@yahoo.com.br](mailto:jusce_17@yahoo.com.br). Bolsista da CAPES

<sup>5</sup> UESPI, Campus Deputado Jesualdo Cavalcante, CEP 64980-000, Corrente, PI. E-mail: [mrholandaneto@hotmail.com](mailto:mrholandaneto@hotmail.com)

## INTRODUÇÃO

A redução das reservas de petróleo associada à crescente crise ambiental decorrente do incremento na emissão de gases de efeito estufa tem realçado, nos últimos anos, a importância do biocombustível no cenário econômico mundial (Trzeciak et al., 2008). No Brasil, com o advento do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB, a demanda potencial de biodiesel projetada para os próximos anos tem aumentado a necessidade de pesquisas que subsidiem o emprego de espécies oleaginosas para a produção de agroenergia.

A obtenção de matéria-prima tem sido considerada o principal gargalo para atender à demanda do PNPB, razão pela qual a busca por culturas alternativas com potencial para produção de óleo, passou a ser elemento prioritário em todas as regiões brasileiras, inclusive no norte e no nordeste. Entre as várias culturas que podem ser capazes de produzir matéria-prima visando à produção de biodiesel, as palmeiras têm sido bastante recomendadas em virtude da grande diversidade de espécies, do longo ciclo produtivo e da quantidade de óleo por hectare, normalmente superior às demais oleaginosas (Costa, 2009).

A palmeira macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. ex Martius), que ocorre espontaneamente em quase todo o território brasileiro, é uma opção de matéria-prima com grande potencial para produção de óleo e ampla aplicação industrial e energética podendo ainda ser utilizada em sistemas silvipastoris por apresentar boa adaptabilidade a solos de baixa fertilidade, tolerância a seca e queimadas (Motta et al., 2002; Costa, 2009), além de possibilitar o consórcio com outras culturas. Em virtude de ser perene, também contribui para a conservação do solo reduzindo o impacto ambiental da cadeia produtiva de biocombustíveis e o custo de produção, fator relevante para sua viabilidade econômica, especialmente na agricultura familiar. Além disto, a macaúba tem sido referenciada como espécie pioneira comum em áreas que sofreram intervenção antrópica recente, sobretudo aquelas sob pastagens (Motta et al., 2002). Esta associação pode ser importante para manutenção e melhoria da qualidade do solo uma vez que a presença de espécies arbóreas e de maior biodiversidade contribui significativamente para redução da perda de nutrientes, para o aumento do estoque de matéria orgânica do solo e para mitigação das emissões de gases de efeito estufa promovendo a sustentabilidade dos sistemas produtivos (Carvalho et al., 2010).

Para avaliar o impacto desses sistemas sobre a qualidade do solo tem sido sugerido, por diversos autores, além da mensuração de indicadores físicos e químicos do solo a quantificação dos estoques de carbono orgânico total e seus compartimentos como, por exemplo, a biomassa microbiana do solo, que apresenta rápida ciclagem e maior sensibilidade às ações antrópicas já que qualquer estresse no sistema afeta a densidade, a diversidade e a atividade da microbiota (Sá & Lal, 2009; Carneiro et al., 2009; Matoso et al., 2012). Outros compartimentos também podem ser utilizados como eficientes indicadores de qualidade do solo, como o carbono lábil, sugerido por Blair et al. (1995) e que engloba todos os compostos que podem ser prontamente oxidados pelo  $\text{KMnO}_4$ , como o material húmico lábil e os polissacarídeos e ainda respondem por 5-30% do carbono orgânico total (Yang et al., 2012).

São inexistentes, na região Meio-Norte, estudos que visem avaliar o impacto de sistemas de manejo com a presença de macaúbas sobre os atributos químicos e a dinâmica da matéria orgânica do solo. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do monocultivo e do consórcio de macaúba e pastagem quanto à qualidade química do solo e os compartimentos de carbono de um Latossolo Vermelho Amarelo do cerrado maranhense.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda São Raimundo, no município de Tuntum (05° 15' 29" S e 44° 38' 56" W, 175 m de altitude), região central do Maranhão. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é tropical, caracterizado por apresentar um regime pluviométrico com duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca. A precipitação e a temperatura médias anuais variam de 1500 a 2000 mm e de 21 a 32 °C, respectivamente. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico e apresenta as seguintes características químicas e físicas para a camada de 0-20 cm: pH: 5,6; P: 2,8 mg  $\text{dm}^{-3}$ ; K: 0,3 cmol<sub>c</sub>  $\text{dm}^{-3}$ ; Ca: 1,5 cmol<sub>c</sub>  $\text{dm}^{-3}$ ; Mg: 0,6 cmol<sub>c</sub>  $\text{dm}^{-3}$ ; Al: 0,2 cmol<sub>c</sub>  $\text{dm}^{-3}$ ; matéria orgânica: 28 g  $\text{kg}^{-1}$ ; areia, argila e silte: 310, 480 e 210 g  $\text{kg}^{-1}$ , respectivamente.

Foram estudados três sistemas de uso do solo, além de uma área sob vegetação nativa de cerrado (VN), formada predominantemente por árvores de pequeno porte (até 3 m) e arbustos e utilizada como referência de um estado de equilíbrio: monocultivo de macaúba (MAC): área, inicialmente sob floresta nativa de cerrado e, a partir do ano de 1996, sob macaúba, com aplicação, por ocasião do plantio, de 2 t  $\text{ha}^{-1}$  de calcário dolomítico e sem histórico de adubação; monocultivo de pastagem bem manejada (PAST): área originalmente sob floresta nativa de cerrado e substituída, no ano de 1994, pela *Brachiaria brizantha* (1,5 UA  $\text{ha}^{-1}$ ; 4,4 Mg  $\text{ha}^{-1}$  de massa seca), com adoção de preparo convencional do solo, aplicação de 4 t  $\text{ha}^{-1}$  de calcário dolomítico, PRNT e, a cada quatro anos, de 20 kg de N, 100 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 100 kg de  $\text{K}_2\text{O}$  por hectare; consórcio de macaúba e pastagem (MAC + PAST): área inicialmente sob floresta nativa de cerrado e, a partir de 1996, sob *Brachiaria brizantha* (0,75 UA  $\text{ha}^{-1}$ ; 4,2 Mg  $\text{ha}^{-1}$  de massa seca) e com histórico de calagem e adubação similar ao sistema PAST. Nas áreas estudadas o preparo do solo somente ocorreu na instalação dos sistemas sobretudo em virtude, especialmente no caso dos sistemas MAC e MAC + PAST, do grande número de árvores (macaúbas) presentes.

Em cada sistema, composto por uma área de 2 ha, delimitou-se uma parcela de 10.000 m<sup>2</sup>, a qual foi dividida em quatro células (malhas) de 50 x 50 m. Dentro de cada célula foram coletadas, em sete trincheiras, sete subamostras simples para compor a amostra composta, sendo as subamostras coletadas em um raio de 5 m de um ponto central, nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40 a 60 cm. As amostras deformadas foram secadas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm para determinação das análises químicas e dos compartimentos de carbono.

O pH do solo, a acidez trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ), os teores de P,  $\text{K}^+$  Ca e Mg trocáveis e a acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ) foram

determinados de acordo com a EMBRAPA (2011). A partir dos valores de acidez potencial, bases trocáveis e alumínio trocável, calcularam-se a capacidade de troca de cátions (CTC) e a porcentagem de saturação por bases (V). Para determinação dos teores totais de carbono orgânico (COT) e nitrogênio (NT), foram utilizadas as metodologias de Yeomans & Bremner (1988) e Bremner (1996), respectivamente.

A biomassa microbiana ( $C_{mic}$ ) foi determinada pelo método da irradiação-extração (Islam & Weil, 1998). O extrator utilizado foi  $K_2SO_4$  0,5 mol L<sup>-1</sup> e o carbono contido nos extratos foi quantificado por meio de procedimento por oxidação úmida (Yeomans & Bremner, 1988). O fator de conversão ( $K_C$ ) usado foi 0,33. A proporção  $C_{mic}/COT$  ou quociente microbiano foi calculada para refletir os aportes de C e a conversão de substratos orgânicos para o C da biomassa microbiana. O carbono lábil ( $C_L$ ) foi quantificado segundo Blair et al. (1995) e seus resultados expressos como g kg<sup>-1</sup> de solo. Com base nas mudanças no COT e no  $C_L$ , entre um sistema referência e um sistema cultivado, foram criados um Índice de Compartimento de Carbono (ICC), calculado como  $ICC = COT_{cultivado}/COT_{referência}$  e um Índice de Labilidade (IL) quantificado como  $IL = L_{cultivado}/L_{referência}$  (donde  $L = C_{ox}/C_{Nox}$ , sendo  $C_{Nox} = COT - C_{ox}$ ). Esses dois índices foram usados para calcular o Índice de Manejo de Carbono (IMC) obtido pela seguinte expressão:  $IMC = ICC \times IL \times 100$  (Blair et al., 1995). Os estoques de carbono e nitrogênio foram calculados com a seguinte expressão: teor de C ou N de (kg Mg<sup>-1</sup>)  $\times Ds \times z$ , em que: Ds é a densidade do solo em Mg m<sup>-3</sup>, determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 2011), em cada profundidade e z, a espessura da camada considerada. O resultado do efeito dos sistemas sobre

as variáveis quantitativas em estudo foi submetido à análise de variância para cada profundidade e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores valores de pH foram observados nos sistemas MAC + PAST, MAC e VN comparativamente ao sistema PAST até 20 cm de profundidade (Tabela 1). Nas camadas de 20-40 e 40-60 cm, os maiores valores foram verificados no sistema MAC + PAST (6,5 na camada 20-40 cm e 6,4 na camada 40-60 cm) e os menores, similarmente às camadas superficiais, no sistema PAST (5,0 e 4,6 nas camadas 20-40 e 40-60 cm, respectivamente) (Tabela 1). Os teores de Al<sup>3+</sup> foram iguais até a camada de 10-20 cm e maiores no sistema PAST, nas camadas de 20-40 cm (1,6 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) e 40-60 cm (2,7 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>). Para o H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>, foram observados maiores valores também no sistema PAST, em todas as camadas, o que pode ser atribuído à maior atividade biológica com liberação de compostos intermediários que, ao atingir o estado coloidal, podem dissociar-se liberando hidrogênio (Tabela 1).

No sistema PAST foram observados os maiores teores de P disponível em todas as camadas avaliadas, variando de 17,3 (0-5 cm) a 3,9 mg kg<sup>-1</sup> (40-60 cm) (Tabela 1). Isto pode estar relacionado, além da contribuição da adubação com função repositória, ao reduzido revolvimento do solo, à liberação desse nutriente pela decomposição de resíduos de plantas e dejetos animais e à competição dos ácidos orgânicos com o fósforo pelos sítios de adsorção, aumentando os teores de P disponível na solução do solo, conforme reportado por alguns autores

Tabela 1. Atributos químicos em Latossolo Vermelho-Amarelo sob monocultivo e consórcio de macaúba e pastagem no cerrado maranhense

Sistema#	pH	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	S	CTC	V (%)
0-5 cm										
MAC + PAST	6,1 a	9,3 b	0,4 c	2,0 b	0,3 c	0,1 a	3,4 c	2,7 c	6,1 c	45,3 a
MAC	5,9 a	6,9 b	0,4 c	2,4 b	1,5 b	0,1 a	5,4 b	4,3 b	9,7 b	44,4 a
PAST	5,5 b	17,3 a	0,8 a	3,4 a	2,2 a	0,1 a	9,2 a	6,4 a	15,5 a	47,7 a
VN	6,0 a	3,7 c	0,6 b	2,3 b	1,4 b	0,1 a	5,2 b	4,3 b	9,6 b	46,1 a
5-10 cm										
MAC + PAST	6,1 a	3,6 b	0,4 c	1,7 b	0,2 c	0,1 a	3,0 c	2,3 c	5,2 c	43,3 b
MAC	6,1 a	3,0 bc	0,2 d	1,8 b	0,9 b	0,1 a	4,2 b	2,9 bc	7,1 b	41,4 b
PAST	5,5 b	6,0 a	0,7 a	3,9 a	2,8 a	0,1 a	6,7 a	7,3 a	14,0 a	52,6 a
VN	5,8 a	1,9 c	0,5 b	1,7 b	1,1 b	0,1 a	4,7 b	3,3 b	8,0 b	41,1 b
10-20 cm										
MAC + PAST	6,3 a	2,1 b	0,3 b	1,8 b	0,1 c	0,1 a	2,6 c	2,2 b	4,8 b	46,4 b
MAC	6,2 a	2,2 b	0,2 c	1,6 b	0,6 b	0,1 a	3,2 bc	2,4 b	5,7 b	43,1 b
PAST	5,5 b	4,4 a	0,5 a	3,9 a	2,9 a	0,1 a	5,4 a	7,3 a	12,7 a	58,6 a
VN	5,8 a	1,3 c	0,5 a	0,9 c	0,5 b	0,1 a	4,3 ab	1,9 b	6,2 b	30,6 c
20-40 cm										
MAC + PAST	6,5 a	1,7 b	0,2 c	1,9 b	0,1 c	0,1 b	1,8 c	2,2 bc	4,0 b	55,4 a
MAC	6,2 b	2,2 b	0,1 d	1,5 b	0,9 b	0,1 b	2,6 bc	2,6 b	5,2 b	50,4 a
PAST	5,0 d	4,0 a	0,3 b	3,8 a	2,4 a	1,6 a	6,3 a	6,4 a	12,7 a	50,9 a
VN	5,6 c	0,6 c	0,4 a	0,6 c	0,4 c	0,1 b	3,6 b	1,4 c	5,0 b	28,4 b
40-60 cm										
MAC + PAST	6,4 a	1,9 c	0,4 a	2,1 b	0,1 c	0,1 b	1,2 c	2,5 b	3,8 b	66,9 a
MAC	6,1 b	2,7 b	0,2 b	1,6 c	0,8 bc	0,1 b	2,6 b	2,5 b	5,1 b	49,4 b
PAST	4,6 d	3,9 a	0,2 b	3,3 a	2,2 a	2,7 a	7,5 a	5,7 a	12,2 a	46,7 b
VN	5,6 c	0,5 d	0,3 a	0,6 d	1,3 b	0,2 b	2,4 b	2,2 b	4,6 b	45,3 b

# Macaúba (MAC), Pastagem (PAST), Pastagem + Macaúba (MAC + PAST) e Vegetação Nativa (VN). \* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a nível de 0,05 de probabilidade



superficiais, foram maiores nas áreas sob VN (17,7 Mg ha<sup>-1</sup> em 0-5 cm e 13,0 Mg ha<sup>-1</sup> em 5-10 cm) e MAC + PAST (15,1 Mg ha<sup>-1</sup> em 0-5 cm e 11,2 Mg ha<sup>-1</sup> em 5-10 cm), comparativamente às áreas sob MAC e PAST. Nas demais camadas (10-20, 20-40 e 40-60 cm), os maiores estoques de COT ( $p < 0,05$ ) foram observados na área sob VN quando comparados com os outros sistemas, que não diferiram entre si.

Maiores estoques de COT na VN são atribuídos aos maiores aportes de resíduos e às menores taxas de mineralização em ambientes naturais comparativamente àqueles antropizados, conforme relatado por diversos autores (Ussiri & Lal, 2009). Por outro lado, a superioridade nos estoques de COT no sistema MAC + PAST, em relação aos sistemas MAC e PAST, observados nas camadas superficiais, pode ser atribuída ao acúmulo de resíduos da macaúba e dos animais depositados sobre o solo. Além disto, as gramíneas perenes, componentes das pastagens, possuem sistemas radiculares abundantes e elevada rizodeposição com distribuição uniforme de exsudatos no solo o que favorece a manutenção do teor de matéria orgânica (Carneiro et al., 2009; Silva Júnior et al., 2009).

Maiores teores de  $C_{mic}$  foram observados no sistema PAST em todas as camadas, seguido do sistema VN que apresentou valores similares ao sistema MAC + PAST até a profundidade de 10 cm (Tabela 2). Esses resultados podem ser associados ao sistema radicular abundante presente nas pastagens, propiciando maior liberação de exsudatos (fonte de energia), com subsequente aumento da população de micro-organismos na rizosfera (Cunha et al., 2011). Por outro lado, a permanente cobertura do solo e a ausência de distúrbios provocados por práticas agrícolas, também contribuem para o aparecimento de condições favoráveis ao crescimento microbiano em pastagens do cerrado, conforme preconizado por alguns autores (Muniz et al., 2011). Em todos os sistemas verificou-se maior concentração da biomassa microbiana nas camadas superficiais decorrente da maior presença de matéria orgânica e raízes, consideradas fontes de energia para a microbiota do solo.

A proporção  $C_{mic}/COT$ , ou quociente microbiano, um indicador da disponibilidade da matéria orgânica para micro-organismos, foi maior no solo sob PAST com 2,6; 3,3; 3,0; 4,9; e 3,9% nas camadas de 0-5; 5-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm, respectivamente. Referidos resultados foram maiores naqueles observados por Jakelaitis et al. (2008), que obtiveram, em área de pastagem de *Brachiaria brizantha* na camada de 0-10 cm em Minas Gerais, quociente microbiano de 0,91% e próximo dos observados por Muniz et al. (2011) para a mesma espécie com 3 anos (3,3%) e com 3-5 anos (4,4%), na camada de 0-10 cm. Um estado de equilíbrio no quociente microbiano pode ser considerado quando os valores se situam entre 2 e 5, significando que 2 a 5% do solo é composto pelos micro-organismos e, sob este pressuposto, apenas no solo sob PAST, isto foi alcançado em todas as camadas. Os menores valores observados no solo sob MAC em todas as camadas estudadas (média de 1,1%) podem refletir a menor utilização de carbono pela microbiota do solo (Tabela 2). Em solos com baixa disponibilidade ou qualidade de substrato, ou mesmo outro fator limitante, a biomassa microbiana está sob estresse e é incapaz de utilizar totalmente o C orgânico, caso em que a proporção  $C_{mic}/COT$  tende a diminuir.

Os teores de  $C_L$ , compartimento com rápido tempo de residência no solo, foram maiores ( $p < 0,05$ ) no sistema VN, em todas as camadas, seguido pelo sistema MAC + PAST, superior aos demais até a profundidade de 10 cm (Tabela 3). As reduções desses teores nos sistemas cultivados foram de 20, 35 e 35% (0-5 cm), 27, 50 e 50% (5-10 cm), 40, 50 e 50% (10-20 cm), 25, 50 e 50% (20-40 cm) e 66, 66 e 33% (40-60 cm), respectivamente, para MAC + PAST, MAC e PAST. Considerando os três sistemas e uma média por profundidade, tem-se os percentuais de 31, 33, 51, 44 e 37%, para o COT e de 30, 42, 46, 42 e 55% para  $C_L$ , respectivamente, para as camadas 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, indicando que não houve, conforme reportado em alguns estudos (Silva et al., 2011; Yang et al., 2012), maior sensibilidade do carbono lábil em relação ao carbono orgânico total.

Maiores teores de C em frações mais lábeis observados nas áreas nativas, estão diretamente associados ao maior aporte de resíduos vegetais (parte aérea e raízes), à diminuição da taxa de decomposição da matéria orgânica do solo (Leite et al., 2003; Vieira et al., 2007) e à maior proteção física da matéria orgânica no interior dos agregados (Muller et al., 2012). O IMC foi maior no solo sob MAC + PAST em todas as camadas variando de 88 (0-5 cm) a 56,1 (10-20 cm), com exceção da camada de 40-60 cm, em que este índice foi superior no solo sob PAST (73,6) sinalizando que a associação da macaúba com a pastagem

Tabela 3. Teores de C lábil (CL) e não lábil (CNL), índice de compartimento de carbono (ICC), labilidade de carbono (L), índice de labilidade (IL) e índice de manejo de carbono (IMC) em Latossolo Vermelho-Amarelo em sistema exclusivo e consorciado de pastagem com macaúba em Latossolo Vermelho-Amarelo do Cerrado Maranhense

Sistema <sup>#</sup>	$C_L$ (g kg <sup>-1</sup> )	$C_{NL}$	$C_L/COT$ (%)	ICC	L	IL	IMC
0-5 cm							
MAC + PAST	1,6 ab	21,2 ab	7,0 b	0,8 a	0,08 b	1,1 b	88,0 a
MAC	1,3 b	16,1 c	7,4 a	0,6 a	0,08 a	1,1 a	66,0 b
PAST	1,3 b	17,5 bc	6,9 b	0,7 a	0,07 b	1,1 b	69,4 b
VN	2,0 a*	26,8 a	7,0 b	---	0,07 b	---	---
5-10 cm							
MAC + PAST	1,0 a	15,0 b	5,6 a	0,8 a	0,06 a	0,9 a	67,8 a
MAC	0,7 b	11,0 c	6,0 a	0,6 a	0,06 a	0,9 a	52,9 b
PAST	0,7 b	11,3 c	5,8 a	0,6 a	0,06 a	0,9 a	52,8 b
VN	1,4 a	18,7 a	7,0 a	---	0,07 a	---	---
10-20 cm							
MAC + PAST	0,6 b	9,2 b	6,1 a	0,5 a	0,07 a	1,1 a	56,1 a
MAC	0,5 b	7,8 b	6,0 a	0,4 a	0,06 a	1,1 a	46,7 b
PAST	0,5 b	8,9 b	5,3 a	0,5 a	0,06 a	0,9 a	46,4 b
VN	1,0 a	18,0 a	5,3 a	---	0,06 a	---	---
20-40 cm							
MAC + PAST	0,3 b	5,2 b	5,5 a	0,5 a	0,06 a	1,4 a	79,1 a
MAC	0,2 b	5,9 b	3,3 a	0,6 a	0,03 a	0,9 a	51,5 b
PAST	0,2 b	5,1 b	3,8 a	0,5 a	0,04 a	1,0 a	51,8 b
VN	0,4 a	9,6 a	4,0 a	---	0,04 a	---	---
40-60 cm							
MAC + PAST	0,1 b	3,96 b	2,5 a	0,6 a	0,03 a	0,6 a	36,2 b
MAC	0,1 b	4,42 b	2,2 a	0,6 a	0,02 a	0,6 a	36,1 b
PAST	0,2 b	4,51 b	4,2 a	0,7 a	0,04 a	1,1 a	73,6 a
VN	0,3 a	6,79 a	4,2 a	---	0,04 a	---	---

<sup>#</sup>Macaúba (MAC), Pastagem (PAST), Pastagem + Macaúba (MAC + PAST) e Vegetação Nativa (VN). \*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a nível de 0,05 de probabilidade

pode ser considerada uma forma eficiente de reciclar nutrientes e matéria orgânica contribuindo, desta maneira, para a melhoria da qualidade do solo.

### CONCLUSÕES

1. A pastagem melhora a qualidade química do solo, por meio do aumento nos teores de P, K, Ca e Mg e da CTC do solo e incrementa a biomassa microbiana do solo
2. A vegetação nativa e o consórcio de macaúba com pastagem aumentam os estoques de carbono orgânico total e a fração lábil do solo, até 60 cm.
3. A presença da pastagem bem manejada com adubação periódica é importante no consórcio com macaubeiras haja vista que aumenta os níveis de fertilidade do solo e os estoques de carbono nos diferentes compartimentos favorecendo a melhoria da qualidade do solo, nas condições do cerrado maranhense.

### AGRADECIMENTOS

À FUNARBE/FINEP/NOVBio, pelo financiamento deste estudo.

### LITERATURA CITADA

- Blair, G. J.; Lefroy, D. B.; Lisle, L. Soil carbon fractions, based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.46, p.1459-1466, 1995.
- Bremner, J. M. Nitrogen total. In: Sparks, D. L. *Methods of soil analysis: Part 3*. Madison: SSA Book Series, v.5, 1996. p.1085-1121.
- Carneiro, M. A. C.; Souza, E. D. de; Reis, E. F. dos; Pereira, H. S.; Azevedo, W. R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.147-157, 2009.
- Carvalho, J. I. N.; Avanzi, J. C.; Silva, M. L. N.; Mello, C. R. M.; Cerri, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p.277-289, 2010.
- Costa, C. F. da. Solos e outros fatores ambientais associados à diversidade fenotípica de macaúbas no estado de São Paulo. Campinas: IAC. 2009. 68p. Dissertação Mestrado
- Crusciol, C. A. C.; Borghi, E. Consórcio de milho com braquiária: produção de forragem e palhada para o plantio direto. *Plantio Direto*, v.16, p.10-14, 2007.
- Cunha, E. de Q.; Stone, L. F.; Ferreira, E. P. de B.; Didonet, A. D.; Moreira, J. A. A.; Leandro, W.M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e Milho. II - Atributos biológicos do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.603-611, 2011.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- Falleiro, R. M.; Souza, C. M.; Silva, C. S. W.; Sedyama, C. S.; Silva, A. A.; Fagundes, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.1097-1104, 2003.
- Faria, A. F. G. de; Santos, A. C. dos; Santos, T. M. dos; Batistella Filho, F. Influência do manejo do solo nas propriedades químicas e físicas em topossequência na bacia do Rio Araguaia, Estado do Tocantins. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p.517-524, 2010.
- Galvão, S. R. S.; Salcedo, I. H.; Oliveira, F. F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.99-105, 2008.
- Islam, K. R.; Weil, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. *Biology and Fertility of Soils*, v.27, p.408-416, 1998.
- Jakelaitis, A.; Silva, A. A.; Santos, J. B.; Vivian, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.38, p.118-127, 2008.
- Leite, L. F. C.; Mendonça, E. S.; Machado, P. L. O. A.; Matos, E. S. Total C and N storage and organic C pools of a Red-Yellow Podzolic under conventional and no tillage at the Atlantic Forest Zone, south-eastern Brazil. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.41, p.717-730, 2003.
- Lima, E. de S.; Montanari, R. Correlação linear e espacial da produtividade de forragem com atributos físicos e químicos de um Argissolo em Aquidauana-MS. In: Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2, 2011, Dourados. Anais... Dourados: EPEX, 2011. CD-Rom
- Matoso, S. C. G.; Silva, A. N.; Pereira, E. C. F.; Colleta, Q. P.; Maia, E. *Acta Amazonica*, v.42, p.231-240, 2012.
- Mitchell, C. C.; Tu, S. Nutrient accumulation and movement from poultry litter. *Soil Science Society of America Journal*, v.70, p.2146-2153, 2006.
- Motta, P. E. F.; Curi, N.; Oliveira Filho, A. T.; Gomes, J. B. V. Ocorrência da Macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, p.1023-1031, 2002.
- Müller, C. B.; Weber, O. L. S.; Scaramuzza, J. F. Oxidizable fraction of organic carbon in an argisol under different land use systems. *Cerne*, v.18, p.215-222, 2012.
- Muniz, L. C.; Madari, B. E.; Trovo, J. B. F.; Cantanhêde, I. S. L.; Machado, P. L. O. A.; Cobucci, T.; França, A. F. S. Soil biological attributes in pastures of different ages in a crop livestock integrated system. *Pesquisa Agropecuária da Paraíba*, v.46, p.1262-1268, 2011.
- Sá, T. C. M.; Lal, R. Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol. *Soil and Tillage Research*, v.103, p.46-56, 2009.
- Silva, E. F.; Lourente, E. P. R.; Marchetti, M. E.; Mercante, F. M.; Ferreira, A. K. T.; Fujii, G. C. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.1321-1331, 2011.

- Silva Júnior, M. L. da; Desjardins, T.; Sarrazin, M.; Melo, V. S. de; Martins, P. F.; Santos, E. R.; Carvalho, C. J. R. de. Carbon content in Amazonian Oxisols after Forest conversion to pasture. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.1603-1611, 2009.
- Silva, M. B.; Kliemann, H. J.; Silveira, P. M.; Lanna, A. C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.1755-1761, 2007.
- Torres, J. L. R.; Pereira, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.1609-1618, 2008.
- Trzeciak, M. B.; Neves, M. B.; Vinholes, P. S.; Villela, F. A. Utilização de sementes de espécies oleaginosas para produção de biodiesel. *Informativos Abrates*, v.18, p.30-38, 2008.
- Ussiri, D. A. N.; Lal, R. Long-term tillage effects on soil carbon storage and carbon dioxide emissions in continuous corn cropping system from an alfisol in Ohio. *Soil & Tillage Research*, v.104, p.39-47, 2009.
- Vieira, F. C. B.; Bayer, C.; Zanatta, J. A.; Dieckow, J.; Mielniczuk, J.; He, Z. L. Carbon management index based on physical fractionation of soil organic matter in an Acrisol under long-term no-till cropping systems. *Soil and Tillage Research*, v.96, p.195-204, 2007.
- Yang, X.; Ren, W.; Sun, B.; Zhang, S. Effects of contrasting soil management regimes on total and labile soil organic carbon fractions in a loess soil in China. *Geoderma*, v.177/178, p.49-56, 2012.
- Yeomans, J. C.; Bremner, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.19, p.1467-1476, 1988.