

Foto: Nilton Tadeu Vilela Junqueira



Atributos químicos e biológicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob cultivo exclusivo de macaúba e consorciado com pastagem na região central do Maranhão

Luiz Fernando Carvalho Leite¹
Nilton Tadeu Vilela Junqueira²
Sandra Regina da Silva Galvão³
Bruna de Freitas Iwata⁴
Claudyenne do Nascimento⁵ Costa⁵
Janyelle de Oliveira Lemos

A necessidade por fontes renováveis de energia tem demandado o desenvolvimento de estudos que subsidiem o emprego de matérias-primas alternativas para a produção de agroenergia. Neste sentido, a palmeira macaúba (*Acrocomia aculeata*) apresenta grande potencial de produção, com vasta aplicação nos setores industriais e energéticos. O potencial da macaubeira está diretamente relacionado à grande produção de óleo e à capacidade de se desenvolver sob sistemas silvipastoris, ser tolerante a secas e queimadas e adaptar-se a solos com baixa fertilidade (MOTTA et al., 2002).

O manejo silvipastoril com palmeiras tem sido uma alternativa de melhoria e manutenção da fertilidade do solo, uma vez que a presença do componente arbóreo e da biodiversidade constituinte no sistema contribui significativamente para o aumento dos estoques de matéria orgânica e do aporte de nutrientes no solo (SILVEIRA et al., 2007). Comumente, estes sistemas

de consórcios entre pastagem e espécies agroenergéticas têm sido avaliados quanto à sua sustentabilidade, por meio de indicadores de qualidade físicos, químicos e biológicos do solo. A matéria orgânica e seus compartimentos, como a biomassa microbiana, têm sido referenciados como excelentes indicadores, por serem mais sensíveis às ações antrópicas (ARAÚJO; GOEDERT; LACERDA, 2007). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos químicos e biológicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob sistemas de cultivo exclusivo e consorciado de pastagem e macaúba na região Central do Maranhão.

O estudo foi realizado no município de Tuntum (05°15'29" S e 44°38'56" W, 175 m de altitude), região central do Maranhão. A precipitação e temperatura médias anuais variam de 1500 mm a 2000 mm e de 21 °C a 32 °C, respectivamente. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo

¹Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, luizf@cpamn.embrapa.br.

²Engenheiro-agrônomo, D. Sc. em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, junqueira@cpac.embrapa.br.

³Engenheira-agrônoma, D.Sc. em Tecnologias Energéticas e Nucleares, professora do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), Petrolina, PE, reginass@uol.com.br.

⁴Tecnóloga em Gestão Ambiental, mestranda em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, PI, iwatameioambiente@yahoo.com.br.

⁵Estudantes do curso de Engenharia Agrônoma do CCA/UFPI, Teresina, PI, claudyannecosta@hotmail.com, janyelle_lemos@yahoo.com.br.

distrófico. Foram estudados quatro sistemas de uso do solo: Macaúba (MAC), área de macaúba preservada; Pastagem (PAST), área utilizada há 30 anos com *Brachiaria brizantha*; Pastagem + Macaúba (PAST + MAC) e Vegetação Nativa (VN), área sob vegetação de cerrado preservada e sem histórico de ação antrópica.

As amostras de solo foram coletadas em sete repetições por sistema, nas camadas 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm. Em seguida, foram secas ao ar (TFS), destorroadas e passadas em peneira de malha de 2 mm. Foram determinados o pH em água, os teores de Ca_2^+ , Mg_2^+ e Al_3^+ , extraídos com KCl e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica e volumetria, respectivamente, e os teores de K^+ e P, extraídos com Mehlich1 e dosados por fotometria de chama e colorimetria, respectivamente, além de H + Al extraídos com acetato de cálcio 1 mol L⁻¹ a pH 7,0 e determinado volumetricamente com solução de NaOH (CLAESSEN, 1997). Para determinação dos teores totais de carbono orgânico (COT) e nitrogênio (NT), as amostras de solo foram trituradas em almofariz e passadas em peneira de malha 0,21 mm. O COT foi quantificado por oxidação da matéria orgânica via úmida, empregando solução de dicromato de potássio em meio ácido, com fonte externa de calor (YEOMANS; BREMNER, 1988). O NT foi quantificado por meio da digestão sulfúrica e quantificado por destilação Kjeldhal (BREMNER, 1996). A biomassa microbiana foi determinada pelo método da irradiação-extração, utilizando forno de micro-ondas por 180 segundos (ISLAM; WEIL, 1998). O extrator utilizado foi K_2SO_4 0,5 mol L⁻¹ e o C contido nos extratos foi quantificado pelo procedimento de oxidação úmida (YEOMANS; BREMNER, 1988). O fator de conversão (KC) usado para converter o fluxo de C para C da biomassa microbiana (C_{mic}) 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 (SPARLING, 1997).

Realizou-se a análise de variância dos dados médios para os diferentes tipos de manejo e a comparação das médias dos tratamentos foi submetida ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. A relação entre o C_{mic} e a concentração de C orgânico total nas amostras de solo foi analisada por regressão, considerando-se o COT como variável contínua independente e C_{mic} como variável dependente.

Os valores de pH foram maiores ($p < 0,05$) no sistema MAC + PAST e menores na PAST em todas as

camadas. Quanto ao Al^{3+} , maiores valores foram observados no solo sob PAST nas camadas 0-5 cm (0,35 cmolc kg⁻¹), 20-40 cm (1,84 cmolc kg⁻¹) e 40-60 cm (2,76 cmolc kg⁻¹). O sistema PAST apresentou maior teor de P disponível em todas as camadas avaliadas, com exceção apenas do consórcio (MAC + PAST), na camada 5-10 cm, que não diferiu dos demais sistemas (Tabela 1). Estes resultados podem estar relacionados ao reduzido revolvimento do solo sob PAST, conforme reportado no Manual... (1998) e por Falleiro et al. (2003), à liberação desse nutriente pela decomposição de resíduos de plantas e dejetos animais e, também, à competição dos ácidos orgânicos com o fósforo pelos sítios de adsorção, aumentando os teores de P disponível na solução do solo (GALVÃO; SALCEDO; OLIVEIRA, 2008).

Os maiores teores ($p < 0,05$) de K^+ foram verificados no solo sob PAST, comparativamente aos demais, nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm. Esta tendência manteve-se na camada de 10-20 cm, embora sem diferenças em relação ao sistema sob consórcio, e modificou-se nas camadas mais profundas, em que a VN apresentou os maiores valores. Maiores valores de K^+ em solos ácidos sob pastagem têm sido atribuídos à maior capacidade do sistema radicular das gramíneas em extrair K^+ e à rápida velocidade de liberação, uma vez que o K^+ está presente na forma iônica nas plantas, sendo liberado mais rapidamente para o solo por meio da reciclagem (PEREIRA; VELOSO; GAMA, 2000; TOMÉ JÚNIOR, 1997; TORRES; PEREIRA, 2008). Com relação ao Ca^{2+} e Mg^{2+} , os maiores valores ($p < 0,05$) também foram observados no solo sob PAST. No entanto, diferentemente do K^+ , esta superioridade foi verificada em todas as camadas, com valores variando de 3,35 cmolc kg⁻¹ a 3,97 cmolc kg⁻¹ e de 2,23 cmolc kg⁻¹ a 2,89 cmolc kg⁻¹ para Ca^{2+} e Mg^{2+} , respectivamente (Tabela 1).

Os maiores teores ($p > 0,05$) de COT foram observados no solo sob VN em todas as camadas estudadas em comparação com os demais sistemas, que não diferiram entre si, com exceção da camada 5-10 cm, para a qual o consórcio MAC + PAST apresentou valores intermediários, e os sistemas exclusivos, os menores valores (Tabela 2). Os sistemas MAC, PAST e MAC + PAST reduziram os teores de COT em 35%, 28% e 18% em comparação à VN na camada 0-5 cm e 41%, 36% e 18% na camada 5-10 cm. Maiores valores de COT na vegetação nativa são atribuídos ao maior aporte de resíduos, ausência de distúrbio físico e/ou químico e menor taxa de decomposição, que proporciona a conservação dos níveis de matéria orgânica no solo, principalmente nas camadas

Tabela 1. Caracterização química em sistema exclusivo e consorciado de pastagem e macaúba em Latossolo Vermelho-Amarelo do cerrado maranhense.

Sistema [#]	pH	P	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
		mg kg ⁻¹		cmol _c kg ⁻¹		
0-5 cm						
VN	6,07 a [*]	4,26 c	0,17 b	0,60 b	2,30 ab	1,43 a
MAC	5,83 ab	6,94 bc	0,10 b	0,39 c	2,38 ab	1,52 a
PAST	5,34 b	17,5 a	0,35 a	0,76 a	3,40 a	2,26 a
MAC + PAST	6,27 a	8,76 b	0,10 b	0,44 c	1,93 b	0,33 b
5-10 cm						
VN	5,81 ab	1,90 b	0,12 a	0,50 b	1,92 b	1,22 b
MAC	6,08 a	3,46 b	0,10 a	0,22 d	1,79 b	0,87 bc
PAST	5,42 b	5,74 a	0,17 a	0,66 a	3,88 a	2,80 a
MAC + PAST	6,15 a	3,81 ab	0,10 a	0,38 c	1,64 b	0,22 c
10-20 cm						
VN	5,75 b	1,55 b	0,15 a	0,30 b	0,87 c	0,442 b
MAC	6,14 ab	2,33 b	0,10 a	0,17 c	1,72 b	0,657 b
PAST	5,76 b	4,32 a	0,12 a	0,48 a	3,97 a	2,89 a
MAC + PAST	6,45 a	2,30 b	0,10 a	0,49 a	1,79 b	0,118 b
20-40 cm						
VN	5,62 c	0,58 c	0,12 b	0,37 a	0,61 c	0,435 b
MAC	6,17 b	2,21 b	0,10 b	0,14 c	1,54 b	0,930 b
PAST	5,03 d	3,78 a	1,84 a	0,25 b	3,79 a	2,43 a
MAC + PAST	6,59 a	1,56 b	0,10 b	0,17 c	1,87 b	0,103 b
40-60 cm						
VN	5,54 b	0,48 d	0,17 b	0,38 a	0,57 c	0,927 ab
MAC	6,17 a	2,71 b	0,12 b	0,12 b	1,60 b	0,800 b
PAST	4,49 c	4,26 a	2,76 a	0,17 b	3,35 a	2,23 a
MAC + PAST	6,62 a	1,86 c	0,10 b	0,37 a	2,01 b	0,095 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 5% de probabilidade.

superficiais. Por outro lado, em sistemas de cultivo, as alterações causadas pelo preparo do solo aumentam a taxa de decomposição da matéria orgânica e a susceptibilidade à erosão hídrica (LEITE et al., 2003; MAIA et al., 2006; SOUZA et al., 2006). A combinação da MAC com PAST aumentou o teor de COT nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm, comparativamente à MAC preservada. Esse resultado provavelmente é causado pelo acúmulo de resíduos da macaúba e dos animais depositados sobre o solo.

Os teores de C_{mic} foram maiores no solo sob PAST (517 mg kg⁻¹) e MAC (496 mg kg⁻¹) em relação à VN e MAC + PAST na camada 0-5 cm (Tabela 2). Nas demais camadas, observou-se que os sistemas considerados exclusivos, especialmente a Pastagem, apresentaram maiores valores do que o sistema consorciado. Isto pode estar associado, provavelmente, ao maior pastejo do gado

e à realização da queima para renovação da pastagem, conforme também reportado por Marchiori Júnior e Melo (2000). Por outro lado, as áreas sob VN e PAST 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 (MATSUOKA; MENDES; LOUREIRO, 2003). A proporção C_{mic}/COT , ou quociente microbiano, um indicador da disponibilidade da matéria orgânica para os microrganismos, foi maior, assim como no C_{mic} , no solo sob PAST, em comparação com os outros sistemas em todas as profundidades estudadas, com exceção do sistema MAC nas camadas 0-5 cm e 10-20 cm. Nas camadas mais profundas (20-40 cm e 40-60 cm), os sistemas MAC, MAC + PAST e VN não diferiram entre si.

Tabela 2. Teores de carbono orgânico total (COT), carbono da biomassa microbiana (C_{mic}) e quociente microbiano (C_{mic}/COT) em sistema exclusivo e consorciado de pastagem e macaúba em Latossolo Vermelho-Amarelo do cerrado maranhense.

Sistema [#]	COT	C_{mic}	C_{mic}/COT
	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	
0-5 cm			
VN	27,6 a*	378 b	1,41 b
MAC	18,0 c	496 a	2,75 a
PAST	19,8 b	517 a	2,62 a
MAC + PAST	22,6 b	47,3 c	0,21 c
5-10 cm			
VN	20,1 a	303 a	1,50 b
MAC	11,7 c	299 a	2,56 b
PAST	12,7 c	393 a	3,10 a
MAC + PAST	16,4 b	76,4 b	0,47 c
10-20 cm			
VN	19,8 a	232 a	1,21 bc
MAC	8,61 b	160 ab	1,87 ab
PAST	9,89 b	251 a	2,54 a
MAC + PAST	11,1 b	72,7 b	0,66 c
20-40 cm			
VN	10,5 a	106 b	1,02 b
MAC	5,92 b	50,4 bc	0,84 b
PAST	5,92 b	284 a	4,82 a
MAC + PAST	5,86 b	43,7 c	0,78 b
40-60 cm			
VN	7,16 a	112 b	1,57 b
MAC	4,59 b	53,2 b	1,16 b
PAST	4,85 b	166 a	3,44 a
MAC + PAST	4,30 b	57,3 b	1,36 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 5% de probabilidade.

Conclusão

Maiores valores de fósforo e potássio estão no solo sob pastagem.

Nas camadas superficiais, maiores valores de carbono são observados nos solos sob vegetação nativa e consórcio macaúba e pastagem.

O carbono da biomassa microbiana é maior no solo sob pastagem em todas as camadas.

A pastagem associada com a macaúba pode aumentar os níveis de fertilidade e os estoques de matéria orgânica em solos do cerrado do Piauí.

Referências

- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2007.
- BREMNER, J. M. Nitrogen Total. In: SPARKS, D. L. **Methods of Soil Analysis: Part 3**. Madison: SSA, 1996. p. 1085-1121. (Book Series, v. 5).
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPq. Documentos, 1).
- FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Campinas, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, 2003.
- GALVÃO, S. R. da S.; SALCEDO, I. H.; OLIVEIRA, F. F. de. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 1, 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**, Berlin, v. 27, n. 4, p. 408-416, 1998.
- 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 Soil Research**, Collingwood, v. 41, n. 4, p. 717-730, 2003.
- MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. da S.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA, E. de S.; ARAÚJO FILHO, J. A. de Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 837-848, 2006.
- MANUAL internacional de fertilidade do solo. Tradução e adaptação Alfredo Scheid Lopes. 2. ed. rev. ampl. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177 p.
- MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. de. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 6, p. 1177-1182, jun. 2000.
- MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 425-433, 2003.
- MOTTA, P. E. F. da; CURTI, N.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. de; GOMES, J. B. V. Ocorrência da macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 7, p. 1023-1031, jul. 2002.
- PEREIRA, W. L. M.; VELOSO, C. A. C.; GAMA, J. R. N. F. Propriedades químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 531-537, jul./set. 2000.
- SILVEIRA, N. D.; PRREIRA, M. G.; POLIDORO, J. C.; TAVARES, S. R. de L.; MELLO, R. B. Aporte de nutrientes e biomassa via serrapilheira em sistemas agroflorestais em Paraty (RJ). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 129-136, abr./jun. 2007.
- SOUZA, E. D. de; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Scientiarum : Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p.

323-329, 2006.

SPARLING, G. P. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: PANKHURST, C.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Ed.). **Biological indicators of soil health**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 97-119.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solos**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.

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**, Campinas, v. 32, n. 4, p. 1609-1618, 2008.

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**, New York, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

Comunicado Técnico, 223

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio-Norte

Endereço: Av. Duque de Caxias, 5.650, Bairro Buenos Aires, Caixa Postal 01, CEP 64006-220, Teresina, PI.

Fone: (86) 3089-9100

Fax: (86) 3089-9130

E-mail: sac@cpamn.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2010) 100 exemplares

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Comitê de Publicações

Presidente: *Kaesel Jackson Damasceno e Silva*

Secretário-administrativo: *Erick Gustavo de Oliveira Sales*

Membros: *Humberto Umbelino de Sousa, Lígia Maria Rolim Bandeira, Maria Eugênia Ribeiro, Orlane da Silva Maria, Aderson Soares de Andrade Júnior, Francisco José de Seixas Santos, Marissônia de Araujo Noronha, Adilson Kenji Kobayashi, Milton José Cardoso, José Almeida Pereira, Maria Teresa do Rêgo Lopes, Marcos Jacob de Oliveira Almeida, Francisco das Chagas Monteiro*

Expediente

Supervisão editorial: *Lígia Maria Rolim Bandeira*

Revisão de texto: *Edsel Rodrigues Teles*

Revisão de bibliográfica: *Orlane da Silva Maia*

Editoração eletrônica: *Jorimá Marques Ferreira*