

COMPORTAMENTO DE INDICADORES QUÍMICOS DO SOLO SOB ALTERNATIVAS DE RECUPERAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO NO NORDESTE PARAENSE

Débora Veiga de Aragão¹, Cláudio José Reis de Carvalho¹, Osvaldo Ryohei Kato¹, Moisés Mourão Júnior¹

RESUMO: O monitoramento de alguns indicadores do sistema solo pode orientar os produtores a manejarem seus solos de forma mais produtiva e sustentável. Desenvolvido no município de Marapanim – PA e utilizando um desenho experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, este estudo avaliou o comportamento de alguns indicadores químicos do solo num solo cultivado com mandioca e milho, em área preparada com corte-e-trituração da capoeira em pousio. Os fatores prática de corte-e-trituração, fosfato natural e adubação verde foram arranjados nos seguintes tratamentos: capoeira; testemunha; fosfato natural (FN); feijão-de-porco *Canavalia ensiformis* (L.) DC (FP); FN + FP; FN + guandu *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh. (G); FN + titônia *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray (T); FP + G; FP + T. Em quatro épocas de amostragens, foram tiradas amostras compostas da camada superficial do solo (0 – 10 cm) de cada parcela para análise dos indicadores. O fósforo total, disponível e orgânico, o nitrogênio orgânico e carbono orgânico foram mais precoces em detectar diferenças entre os tratamentos. A matéria orgânica foi o mais tardio.

Palavras-chave: capoeira, corte-e-trituração, adubação verde, qualidade do solo.

ABSTRACT: Monitoring of some soil indicators can guide the smallholders to handle their soils to improvement and sustainability. Carried out in Marapanim count, Para state, and using a completely randomized plot design, with four replication, this study evaluated the behavior of chemical indicators in a soil cultivated with cassava and corn, which the secondary vegetation was prepared by slash-and-trituration system. The factors slash-and-trituration, rock phosphate and green manure were arranged in the following treatments: secondary vegetation; control; rock phosphate (RP); wonderbean *Canavalia ensiformis* (L.) DC (W); RP + W; RP + pigeonpea *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh (P); RP + tithonia *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray (T); W + P; W + T. At four season samplings, soil samples were taken from the 0 - 10 cm layer of each parcel to measure the indicator values. Total, available and organic phosphorus, organic nitrogen and organic carbon detected earlier the differences between the treatments. Organic matter was the latest.

Key-words: secondary vegetation, slash-and-trituration, green manure, soil quality.

Introdução

O uso do fogo no preparo de área e a redução do período de pousio podem levar à degradação e à perda de qualidade do solo (DORAN & PARKIN, 1994) para o uso agrícola. O sistema agroflorestal aliado ao manejo da capoeira contribui para melhoria da qualidade do solo. Como manejo da capoeira, o corte-e-trituração da capoeira é uma alternativa de preparo da área de cultivo, em substituição ao uso do fogo, utilizada para melhorar a qualidade do solo através das vantagens geradas pela deposição do resíduo vegetal triturado sobre o solo para o componente agrícola.

Avaliar a qualidade do solo requer o monitoramento de alguns atributos - indicadores - em função de mudanças no manejo ou de fatores externos. O monitoramento de indicadores permite avaliar um sistema e determinar a condição em que é sustentável e prever o desempenho futuro (DEPONTI et al., 2002; HALBERG, 1999).

¹ Embrapa Amazônia Oriental, Belém/PA – Brasil.

Neste estudo, os indicadores químicos foram avaliados em um experimento que visou comparar algumas alternativas de recuperação da fertilidade de solo de sistema agrícola de subsistência.

Metodologia

A área experimental fica no município de Marapanim-PA (latitudes 0°56'24" e 1°4'12" S e longitudes 47°34'48" e 47°39'36" WGr). De acordo com a classificação de Köppen, o clima é quente e úmido, do tipo Ami. O solo predominante é o Latossolo Amarelo, textura arenosa, de baixa fertilidade.

As alternativas de recuperação do solo foram avaliadas em cultivos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e de milho (*Zea mays* L) - BR 5102. A mandioca foi plantada no espaçamento de 1 m x 1 m e as plantadas de adubação verde foram plantadas intercaladamente e no mesmo período da mandioca com espaçamento de 0,5 m x 0,5 m para feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.) e de 1,0 m x 0,5 m para guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh.) e titônia (*Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray). Após a colheita da mandioca, o milho foi plantado nas mesmas covas da mandioca. O fosfato natural (Arad), com 33% de P₂O₅ solúvel, foi aplicado a lanço na dose de 99 kg de P₂O₅ ha⁻¹. Uma semana antes do plantio do milho, foi feita uma nova aplicação do fosfato natural.

Os tratamentos foram: capoeira (CAP), testemunha (TEST), fosfato natural (FN), feijão-de-porco (FP), FN + FP, FN + guandu (G), FN + titônia (T), FP + G e FP + T. À exceção da CAP, a vegetação original foi submetida ao corte-e-trituração manual e sua biomassa resultante (8,5±1,6 ton MS ha⁻¹) foi uniformemente distribuída sobre o terreno. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com nove tratamentos e quatro repetições; as parcelas experimentais eram de 10 m x 10 m.

Antes da instalação dos tratamentos, procedeu-se a primeira amostragem do solo (0–10 cm) em julho de 2006, e as demais em setembro e dezembro de 2007 e julho de 2008 para determinar matéria orgânica do solo (MOS), nitrogênio orgânico (N(org)), carbono orgânico (C(org)), fósforo total (P(t)), fósforo disponível (P(d)) e fósforo orgânico (P(org)). Os métodos usados estão descritos em EMBRAPA (2009), com exceção do P(d) em OLSEN et al. (1954), com adaptações. Os dados experimentais foram analisados pelo programa Statistica, versão 8.0. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5%.

Resultados e discussão

Os valores de MOS não diferiram entre os tratamentos na primeira amostragem, porém com o tempo o FN + G proporcionou aumento significativo na MOS, ao contrário dos tratamentos FN + T e FP + T (Tabela 1), nesse caso a MOS pode necessitar de um tempo relativamente longo para se formar no solo (RANGEL-VASCONCELOS, 2009).

As respostas da MOS foram: 1) Elevação da primeira para a terceira amostragem e estabilidade até o final, no FP +G; 2) Estabilidade da primeira para a segunda amostragem, reduzindo a partir desta até o final, no FP+T; e, 3) Estabilidade ao longo de todo o estudo, nos demais tratamentos.

Na comparação do início com o final do estudo, apenas o FP+G possibilitou um aumento significativo da MOS, possivelmente devido à contribuição da biomassa das duas leguminosas.

A resposta do N(org) variou em função dos tratamentos (Tabela 1). A partir da primeira amostragem, observou-se um aumento no N(org) logo após a implantação do tratamento FN+FP. No entanto, o aumento de N(org) somente foi observado até a terceira amostragem na CAP e na TEST, e somente na quarta e última, no FP+G. Por outro lado, no tratamento FP+T a trajetória foi inversa, sugerindo que a titônia compete por recursos do solo com aquela leguminosa. Nos tratamentos restantes, os valores desse indicador não variaram significativamente. O fosfato natural sozinho, nas condições desta pesquisa, não interfere no N(org).

O C(org) variou significativamente devido a tratamento apenas na segunda e quarta amostragem (Tabela 1). Nos tratamentos CAP, FP, FP+G e FN+G, o C(org) não mostrou variação significativa ao longo das amostragens. Já na TEST, ocorreu uma estabilização da primeira até a terceira amostragem, elevando-se até a quarta. Nos tratamentos FN, FN+T e FP+T, o C(org) decresceu significativamente da primeira para a segunda amostragem, seguindo de uma estabilização nas demais. No tratamento FN+FP o C(org) decresceu da primeira para a segunda amostragem, aumentando até a última. Este comportamento pode ter sido motivado pela menor precipitação, com a provável redução da produção de biomassa vegetal que está associada ao C(org) do solo (USDA, 2009). Na CAP, a falta de resposta nas amostragens de solo pode ser justificada pelo equilíbrio do C(org) que é alterado pelo preparo mecânico do solo para plantio (D'ANDRÉA et al., 2004).

Em geral, nenhum tratamento foi capaz de elevar o nível final de C(org) em relação à condição inicial; pelo contrário, os tratamentos FN e FN+T proporcionaram um balanço negativo.

O primeiro padrão de resposta do P(t) foi a de não variação nos casos dos tratamentos FN e FP (Tabela 2). Os demais foram: 1) Decréscimo da primeira para a segunda amostragem, mantendo-se constante até a terceira, e elevando-se até o final, na CAP; 2) Estabilidade da primeira para a segunda amostragem, seguindo de: a) decréscimo da segunda para a terceira amostragem, mantendo-se constante até o final, na TEST; b) elevação da segunda para a última amostragem, no FN+T, e c) estabilidade até a terceira amostragem e acréscimo até o final, no FP+T; 4) Elevação da primeira para a segunda amostragem, seguindo de: a) decréscimo da segunda para a terceira, mantendo-se estável até o final, no FN+G, e b) estabilidade da segunda para a terceira amostragem, e uma elevação até o final, no FP+G; 5) Elevação do início até o final, no FN+FP.

Apenas o P(t) do FN+FP e do FP+G aumentou significativamente do início para o fim do estudo. HEINRICHS et al. (2005) avaliaram quatro espécies de adubo verde, entre eles o guandu e o

feijão-de-porco, e constaram que o último acumulou mais fósforo em sua biomassa e foi o que mais contribuiu na concentração de fósforo do solo.

Ao longo do estudo, a resposta do P(d) mostrou três tendências (Tabela 2): 1) Elevação da primeira para a segunda amostragem, mês de menor precipitação, permanecendo inalterada até o final, nos tratamentos FN, FN+G e FN+T; 2) Elevação gradativa da primeira para a última amostragem, no FP+G; e, 3) Tendência de estabilidade ao longo do estudo, nos tratamentos restantes.

Todos os tratamentos com fosfato natural elevaram significativamente, em algum momento, os níveis de P(d). Em condições de preparo do solo por corte-e-trituração da capoeira, tem sido comprovada a necessidade da aplicação do fosfato natural com o objetivo de prover P aos cultivos alimentares (KATO et al., 2000). Na comparação do início com o final do estudo, apenas o FN+G e FP+G elevaram o nível de P(d) no solo.

Ao longo das amostragens, seis comportamentos caracterizaram a resposta do P(org) (Tabela 2): 1) Elevação da primeira para a segunda amostragem, permanecendo constante até o fim, no FN+FP; 2) Elevação gradativa do início até o fim do estudo, na CAP e no FP+G; 3) Após uma estabilização da primeira para a terceira amostragem há uma elevação para o fim do estudo, no FP; 4) Máximo na segunda amostragem, no FP+T; 5) Máximo na segunda e um mínimo na terceira amostragem, no FN+G; 6) Estabilidade ao longo do estudo, nos tratamentos restantes.

No balanço final, apenas os valores de P(org) dos tratamentos CAP, FP, FN+FP e FP+G aumentaram significativamente do início para o fim do estudo. A melhoria de P(org) na capoeira ao final do estudo pode ser resultado de uma condição microclimática particular e/ou do crescimento natural da vegetação nos dois anos do estudo.

Conclusão

Entre os indicadores estudados, o P(t), P(d), P(org), N(org) e C(org) foram mais precoces em detectar diferença entre tratamentos. Já a MOS foi o mais tardio.

Em geral, o corte-e-trituração apresentou tendência em desfavorecer o P(org), e o fosfato natural o C(org). O feijão-de-porco com guandu apresentou tendência em favorecer a MOS, P(t), P(d), P(org) e N(org). O feijão-de-porco com titônia apresentou tendência em desfavorecer o N(org).

Tabela 1 – Matéria orgânica (MOS), nitrogênio orgânico (N(org)) e carbono orgânico (C(org)) do solo por tratamento e época de amostragem, na profundidade de 0 - 10 cm, comunidade São João, município de Marapanim, estado do Pará.

Tratamentos ¹	Amostragens de solo (Mês / Ano)											
	Jul / 06 ²	Set / 07	Dez / 07	Jul / 08	Jul / 06 ²	Set / 07	Dez / 07	Jul / 08	Jul / 06 ²	Set / 07	Dez / 07	Jul / 08
	(0 meses)	(14 meses)	(17 meses)	(24 meses)	(0 meses)	(14 meses)	(17 meses)	(24 meses)	(0 meses)	(14 meses)	(17 meses)	(24 meses)
	----- MOS (g kg ⁻¹) -----				----- N(org) (g kg ⁻¹) -----				----- C(org) (g kg ⁻¹) -----			
CAP	58,3 A a	62,0A a	54,9A a	66,0 AB a	1,03AB b	1,36AB a	1,41A a	1,27ABC ab	14,2A a	13,1A a	12,7A a	12,9AB a
TEST	53,6 A a	54,8A a	55,4A a	48,5 ABC a	0,98AB b	1,12B ab	1,30A a	1,05BC ab	11,3A ab	9,3B b	9,8A b	13,4AB a
FN	60,5 A a	53,1A a	44,2A a	54,5 ABC a	1,02AB a	1,12B a	1,18A a	1,07ABC a	13,7A a	9,5B b	9,7A b	8,9CD b
FP	53,8 A a	64,4A a	54,1A a	65,1 AB a	1,07AB a	1,15B a	1,21A a	1,30ABC a	12,7A a	13,2A a	12,0A a	11,3BC a
FN+FP	51,6 A a	57,7A a	52,9A a	68,0 AB a	0,92B b	1,39AB a	1,34A a	1,35ABC a	12,7A a	9,6B b	12,7A a	15,4A a
FN+G	55,2 A a	66,6A a	55,2A a	70,0 A a	1,20AB a	1,44AB a	1,23A a	1,43A a	13,0A a	13,1A a	12,6A a	12,3ABC a
FN+T	47,7 A a	52,3A a	54,1A a	40,0 C a	0,90B a	1,11B a	1,13A a	1,10ABC a	11,2A a	8,2B b	10,2A ab	7,6C b
FP+G	43,2 A b	60,7A ab	63,3A a	64,5 AB a	1,01AB b	1,26AB ab	1,18A ab	1,40AB a	11,2A a	13,9A a	12,0A a	13,5AB a
FP+T	54,5 A ab	67,3A a	51,5A ab	47,0 BC b	1,30A a	1,59A a	1,16A a	1,00C b	14,3A a	10,5AB b	10,9A b	11,5BC ab

¹CAP = Capoeira; TEST = Testemunha; FN = Fósforo natural; FP = Feijão-de-porco; G = Guandu; T = Titônia.

²Amostragem pré-experimental.

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2 – Fósforo total (P(t)), disponível (P(d)) e orgânico (P(org)) por tratamento e época de amostragem, na profundidade de 0 - 10 cm, comunidade São João, município de Marapanim, estado do Pará.

Tratamentos ¹	Amostragens de solo (Mês / Ano)											
	Jul / 06 ²	Set / 07	Dez / 07	Jul / 08	Jul / 06 ²	Set / 07	Dez / 07	Jul / 08	Jul / 06 ²	Set / 07	Dez / 07	Jul / 08
	(0 meses)	(14 meses)	(17 meses)	(24 meses)	(0 meses)	(14 meses)	(17 meses)	(24 meses)	(0 meses)	(14 meses)	(17 meses)	(24 meses)
	----- P(t) (mg kg ⁻¹) -----				----- P(d) (mg kg ⁻¹) -----				----- P(org) (mg kg ⁻¹) -----			
CAP	88,1A a	58,9BC b	64,1A b	88,5AB a	0,30A a	0,30BCD a	0,31AB a	0,23BC a	83,2A b	107,2BCD ab	92,7ABC ab	115,6ABC a
TEST	61,7B ab	82,1BC a	56,5A b	69,0B ab	0,16A a	0,18D a	0,24B a	0,19C a	67,3A a	83,5CD a	60,1C a	67,0E a
FN	68,2B a	61,3BC a	58,9A a	82,4AB a	0,21A b	0,35 AB a	0,29AB ab	0,32BC ab	73,6A a	72,1D a	87,8ABC a	78,2DE a
FP	67,4B a	56,4BC a	55,7A a	78,2AB a	0,18A a	0,20CD a	0,30AB a	0,25BC a	85,5A b	82,5CD b	94,0ABC b	129,1AB a
FN+FP	64,0B b	80,3B ab	75,9A ab	87,7AB a	0,25A a	0,33 BC a	0,32AB a	0,34AB a	74,0A b	120,5AB a	109,4A a	108,5ABCD a
FN+G	75,3B b	110,9A a	74,5A b	75,0AB b	0,25A b	0,47 A a	0,40A a	0,47 A a	90,8A bc	126,6A a	73,89BC c	109,1ABCD ab
FN+T	68,1B ab	50,7C b	70,4A ab	76,7AB a	0,23A b	0,35 AB a	0,31AB ab	0,29BC ab	69,8A a	75,3CD a	68,4BC a	84,6CDE a
FP+G	48,0B c	76,7BC b	72,1A b	98,4A a	0,18A b	0,28BCD ab	0,26AB ab	0,36AB a	66,0A c	87,8CD bc	100,7AB b	134,1A a
FP+T	77,7A ab	71,4BC ab	58,1A b	94,1AB a	0,29A a	0,25BCD a	0,32AB a	0,22BC a	73,7A b	122,0AB a	88,1ABC b	97,7BCDE ab

¹CAP = Capoeira; TEST = Testemunha; FN = Fosfato natural; FP = Feijão-de-porco; G = Guandu; T = Titônia.

²Amostragem pré-experimental.

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Referências bibliográficas

D'ANDRÉA, A.; SILVA, M.N.; CURI, N. Estoque de carbono e nitrogênio, e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39(2): 179-186, 2004.

DEPONTI, C.M.; CÓRDULA, E.; AZUMBUJA, J.L.B. de. Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, 3(4): 44-52, 2002.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B.A., eds. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, SSSA, 1994. p. 1-20. (Special, 35).

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Silva, F.C. da (Ed. Técnico). 2ª ed. Rev. Ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

HALBERG, N. Indicators of resource use and environmental impact for use in a decision aid for Danish livestock farmers. **Agriculture Ecosystems and Environment**, 76: 17–30. 1999.

HEINRICHS, R.; VITTI, G.C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P.A.M. de; FANCELLI, A.L.; CORAZZA, E.J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29: 71-79, 2005.

KATO, M.S.A.; KATO, O.R.; DENICH, M.; VLEK, P.L.G. **Phosphorus availability in a mulch system in Eastern Amazonia**. In: German-Brazilian Workshop on Neotropical Ecosystems – Achievements and Prospects of Cooperative Research. Hamburg, 2000. CD-ROOM.

OLSEN, S.R; COLE, C.V.; WATANABE, F.S.; DEAN, L.A. **Estimation of available phosphorus in soils extraction with sodium bicarbonate**. Washington: USDA, 1954. 19p. (Circular, 939).

RANGEL-VASCONCELOS, L.G.T.; KATO, O.R.; BRANCHER, T.; NASCIMENTO, E.P. Estoque de carbono e diversidade florística de vegetação de pousio em áreas submetidas aos sistemas de corte-e-queima e corte-e-trituração em Marapanim, Nordeste Paraense. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 9(2): 2558-2561. 2009.

USDA. **Soil quality indicators: total organic carbon**. USDA Natural Resources Conservation Service. 2p. 2009. Disponível em http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/toc_sq_biological_indicator_sheet.pdf (último acesso 06/07/2010).