

Alternativas de recuperação da fertilidade de solo em sistema agrícola de subsistência no Nordeste Paraense*.

Alternatives for soil fertility reclamation in shift cultivation system in northeast Para.

VEIGA, Débora Veiga de¹; CARVALHO, Cláudio José Reis de²; KATO, Osvaldo Riohey³; MOURÃO JÚNIOR, Moisés⁴

1 Embrapa Amazônia Oriental, Belém/PA – Brasil, dvaragao@cpatu.embrapa.br; 2 Embrapa Amazônia Oriental, Belém/PA – Brasil, carvalho@cpatu.embrapa.br; 3 Embrapa Amazônia Oriental, Belém/PA – Brasil, okato@cpatu.embrapa.br; 4 Embrapa Amazônia Oriental, Belém/PA – Brasil, mmourao@cpatu.embrapa.br

RESUMO: Em uma área de capoeira, em Marapanim-PA, e utilizando um desenho experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, os fatores prática de corte-e-trituração, fosfato natural e adubação verde foram testados como alternativas agroecológicas de recuperação da fertilidade de solo, através dos tratamentos: capoeira; testemunha; fosfato natural (FN); feijão-de-porco [*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.] (FP); FN + FP; FN + guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh] (G); FN + titônia [*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray] (T); FP + G; FP + T. O preparo do solo para o plantio dos cultivos-teste, sequência mandioca e milho, foi feito pelo sistema de corte-e-trituração da vegetação em pousio. Os tratamentos de recuperação da fertilidade de solo só afetaram positivamente a produção do milho, e aquele de maior impacto foi o fosfato natural com guandu, seguido pelos tratamentos fosfato natural e fosfato natural com feijão-de-porco. O tratamento de maior impacto positivo na matéria orgânica e no fósforo disponível foi o fosfato natural com guandu, o que se refletiu na produção do milho. Diferente da titônia, o guandu claramente se beneficiou da presença do fosfato natural.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo do solo, corte-e-trituração, fosfato natural, adubação verde, mandioca, milho.

ABSTRACT: In a secondary vegetation area of Marapanim-PA county and using a completely randomized plot design, with four replicates, the factors slash-and-trituration practice, rock phosphate and green manure were tested as agroecology alternatives for soil fertility reclamation, through the following treatments: secondary vegetation; control; rock phosphate (RP); wonderbean [*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.] (W); RP + W; RP + pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh] (P); RP + tithonia [*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray] (T); W + P; and W + T. The soil preparation for planting the cassava-corn sequential cropping was made by slash-and-trituration of the secondary vegetation. The treatments of soil fertility restoration only affected positively the corn production variables, and higher impacts were observed for rock phosphate with pigeonpea, followed by rock phosphate with wonderbean, and rock phosphate alone. In slash-and-trituration conditions and in terms of organic matter and available phosphorus, the higher positive impact in soil fertility occurred under rock phosphate with pigeonpea treatment, which reflected in corn production. Different from tithonia, pigeonpea clearly took advantage of rock phosphate.

KEY WORDS: Soil management, slash-and-trituration, rock phosphate, green manure, manioc, corn.

Introdução

A agricultura tradicional praticada no Nordeste Paraense, que usa o corte-e-queima da vegetação como principal prática de preparo de área, causa modificações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, levando a uma gradual perda de nutrientes do solo com reflexos negativos na produção agrícola e abandono das áreas consideradas “degradadas” (RODRIGUES et al., 2007).

Diversas alternativas à prática de corte-e-queima têm sido sugeridas para a região Amazônica, como o corte-e-trituração, que utiliza a capoeira triturada como cobertura morta ou *mulch* e que, além de suprimir o fogo no preparo de área, permite maior elasticidade na época de plantio, melhora a distribuição do trabalho ao longo do ano e possibilita produzir fora do pico da safra (KATO et al., 2002b).

Aliada à prática de corte-e-trituração, a adubação verde pode ser utilizada como fonte adicional de nutrientes, através do aproveitamento da biomassa de plantas cultivadas, desenvolvidas espontaneamente ou trazidas de outra área, que é distribuída na superfície do solo, com a finalidade de melhorar as suas condições químicas, físicas e biológicas (FREITAS et al., 2003). Leguminosas, entre elas o feijão-de-porco [*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.] e guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh], têm sido utilizadas na adubação verde com a finalidade de proteger e enriquecer o solo, assim como melhorar a atividade microbiana, a capacidade de troca de cátions e as condições físicas do solo (LOPES, 2000 a, b).

Devido à deficiência de fósforo (P) nos solos tropicais, a integração de cultivos com plantas mais eficientes no uso e acúmulo desse elemento pode ajudar a melhorar a produtividade dos sistemas agrícolas (AE et al., 1990). Alguns estudos têm sido desenvolvidos com espécies que estocam e alocam fósforo do solo, permitindo reduzir o uso ou mesmo substituir a adubação fosfatada (FERREIRA & CARVALHO, 1998).

Oliveira et al. (2009) apontam João mole (*Neea macrophylla*) e embaúba (*Cecropia arborea*) como espécies arbóreas potencialmente acumuladoras de fósforo e que podem ser indicadas para a composição do *mulch* na prática de corte-e-trituração. Por sua capacidade de acumular fósforo em seus tecidos, a titônia (*Tithonia diversifolia*) também é reconhecida como planta adubadora (NG'INJA et al., 1998).

As fontes de P mais utilizadas na agricultura brasileira são os fosfatos solúveis em água que são insumos caros (RAIJ et al., 1982) e são obtidos pelo ataque ácido, usando em geral ácido sulfúrico. Por isso, os fosfatos de rocha, de solubilidade mais lenta e mais barata, se constituem uma alternativa acessível aos pequenos agricultores.

Este estudo objetivou avaliar o desempenho de algumas alternativas de adubação verde e do fosfato natural para a recuperação de fertilidade do solo na produção agrícola de subsistência do Nordeste Paraense, especificamente nas culturas de mandioca e milho plantadas em área preparada com corte-e-trituração da capoeira.

Material e métodos

O experimento foi estabelecido em propriedade de agricultor familiar, na comunidade São João, no município de Marapanim-PA, Nordeste Paraense, situada entre as latitudes 0°56'24" e 1°4'12" S e as longitudes 47°34'48" e 47°39'36" WGr.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é quente e úmido, do tipo Am. De julho de 2006 a julho de 2008, a temperatura média da área do estudo foi de 27° C. As chuvas se concentraram nos meses de janeiro a junho de 2007 e de dezembro a junho de 2008, com precipitação média mensal de 295 e 319 mm, respectivamente. A precipitação dos meses mais secos alcançou 52 e 35 mm, em 2006 e 2007, respectivamente.

O solo predominante é o Latossolo Amarelo

Alternativas de recuperação

com textura arenosa e apresenta 2 mg de P dm⁻³, 51,8 g kg⁻¹ de MO, 35,6 mg dm⁻³ de K, 19,6 mg dm⁻³ de Na, pH 5,8 em água e, 2,5, 3,0 e 0,1 cmol_cdm⁻³ de Ca, Ca+Mg e Al, respectivamente.

Em junho de 2006, uma área de 0,5 ha de capoeira de 18 meses foi manualmente derrubada e recortada, e a biomassa resultante, 8,5+1,57 ton MS ha⁻¹ (média de quatro áreas de 10,0 x 10,0 m, selecionadas ao acaso na área experimental), foi uniformemente distribuída sobre o terreno para formação do *mulch*, conforme a prática de preparo do solo de corte-e-trituração. Nenhuma operação mecânica de preparo de solo foi realizada na área.

As alternativas de recuperação da fertilidade do solo foram avaliadas nos cultivos sucessivos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), variedade local *Inha*, e de milho (*Zea mays* L), variedade BR5102. Os fatores experimentais corte-e-trituração, fosfato natural e adubação verde de feijão-de-porco [*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.], de guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh] e de titônia [*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray] foram testados através dos seguintes tratamentos: capoeira (CAP), testemunha (TEST), fosfato natural (FN), feijão-de-porco (FP), FP + FN, FN + Guandu (G), FN + Titônia (T), FP + G e FP + T. À exceção das parcelas do tratamento capoeira, a vegetação original foi submetida ao corte-e-trituração manual, como prática de preparo de área para plantio.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com nove tratamentos e quatro repetições; as parcelas experimentais eram de 10,0 x 10,0 m, com área útil de 5,0 x 5,0 m.

A mandioca foi plantada no espaçamento de 1,0 x 1,0 m, em plantio direto. As espécies da adubação verde foram plantadas intercaladamente e na mesma época da mandioca. As sementes de feijão-de-porco foram plantadas em 0,5 m (entre linhas) x 0,5 m (entre sementes) e as de guandu em 1,0 m (entre linhas) x 0,5 m (entre sementes). As estacas de titônia foram plantadas em 1,0 m

(entre linhas) x 0,5 m (entre estacas). O fosfato natural (Arad), com 33% de P₂O₅ solúvel, foi aplicado a lanço após o plantio, na dose de 99 kg de P₂O₅ ha⁻¹.

Após a colheita da mandioca, o milho foi plantado em 1,0 x 1,0 m, intercaladamente às rebrotas do guandu e titônia. Uma semana antes do plantio do milho, foi feita uma nova aplicação do fosfato natural, na dose de 99 kg de P₂O₅ ha⁻¹.

A biomassa do guandu e da titônia foi cortada e depositada sobre o solo em três ocasiões, aos oito, 13 e 19 meses após o plantio. No último corte, a biomassa dessas plantas foi estimada e amostrada para análise de nitrogênio pelo método Kjeldahl (ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, 1970) e de fósforo pelo método de Murphy-Riley (EMBRAPA, 2009). Ao final do ciclo da planta (três meses após o semeio), a biomassa do feijão-de-porco foi depositada naturalmente sobre o solo, e não foi avaliada.

Aos 16 meses do plantio da mandioca (dezembro/2007), a sobrevivência, altura das plantas e as produções de biomassa aérea e de raízes foram avaliadas. Aos cinco meses após o plantio do milho (julho/2008), as produções de biomassa aérea e de grãos foram avaliadas.

O pH e matéria orgânica do solo foram determinados segundo Embrapa (2009) e o fósforo disponível segundo Olsen et al. (1954).

Os dados experimentais foram analisados no programa STATISTICA, versão 8.0 (2007). As médias foram comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5%.

Resultados e discussão

Avaliação das plantas adubadoras: guandu e titônia

Na presença do fosfato natural, a produção de biomassa aérea do guandu (2,4+0,5 t ha⁻¹) foi significativamente superior (Tukey; p<0,5) à da titônia (1,46+0,39 t ha⁻¹). Isso indica uma maior

eficiência do guandu no aproveitamento dessa fonte de fósforo, o que já foi reportado por SOUZA et al. (2008).

O nível de produção média de biomassa de guandu obtido neste estudo ($1,85 \pm 0,44 \text{ t ha}^{-1}$) suplantou ao encontrado por Mario Junior et al. (2009) na Paraíba com clima Aw'/BSh (classificação de Köppen) e solo do tipo Luvissole Crômico Órtico planossólico vértico, de $0,41$ a $0,77 \text{ t ha}^{-1}$, em monocultivo com espaçamento de $1,0 \times 1,0 \text{ m}$. E, equiparou-se ao reportado por Silva et al. (2008), de $1,4 \text{ t ha}^{-1}$, no Estado de Pernambuco utilizando um espaçamento de $1,0 \times 1,0 \text{ m}$, com aplicação de adubação potássica e fosfatada por cova. Já a biomassa da titônia ($1,47 \pm 0,32 \text{ t ha}^{-1}$) foi inferior ao encontrado por Souza Júnior (2007), de $3,53 \text{ t ha}^{-1}$ (estágio de pré-floração), $8,57 \text{ t ha}^{-1}$ (estágio de floração) e de $10,47 \text{ t ha}^{-1}$ (estágio pós-floração), com espaçamento de $1,0 \times 0,75 \text{ m}$, no município de Marília, São Paulo, com clima tipo Cwa (classificação de Köppen) e solo tipo Argissolo Vermelho Amarelo.

Os teores de nitrogênio e fósforo nas folhas do

guandu (Tabela 1), foram semelhantes aos reportados por Costa et al. (2003), de $37,21 \text{ g kg}^{-1}$, a uma altura de 90 cm , após 80 dias, no Estado de Rondônia, e maiores que o reportado por Mario Junior et al. (2009), com $25,86$ e $24,01 \text{ g kg}^{-1}$, no primeiro e segundo cortes. Essa diferença pode ser atribuída à época de semeadura desta planta (AMABILE et al., 1999). No caso da titônia, esses teores foram semelhantes aos encontrados por Gachengo et al. (1999), com $37,8 \text{ g kg}^{-1}$ e por George et al. (2001), com $34,7$, $32,9$ e $37,5 \text{ g kg}^{-1}$ em área natural, em áreas de plantação não adubada e adubada respectivamente, no Kênia.

Tanto na folha como no lenho, não se observou diferença significativa no teor de nitrogênio entre as plantas estudadas. Da mesma forma, o teor de nitrogênio das plantas não diferiu entre fosfato natural e feijão-de-porco como fator associado (Tabela 1). Souza et al. (2008) também não detectaram esse efeito, no caso de guandu com adubação fosfatada.

No que diz respeito ao teor de fósforo das folhas, a titônia suplantou significativamente o

Tabela 1: Teor de nitrogênio e fósforo na folha e no lenho de guandu e titônia, município de Marapanim, Pará. 2008.

Fator associado	Folha		Lenho	
	Guandu	Titônia	Guandu	Titônia
----- Nitrogênio (g kg^{-1}) -----				
Fosfato natural	34,22 Aa	32,64 Aa	9,41 Aa	10,39 Aa
Feijão-de-porco	37,21 Aa	34,99 Aa	10,40 Aa	10,79 Aa
Média geral	35,72 A	33,82 A	9,90 A	10,59 A
----- Fósforo (g kg^{-1}) -----				
Fosfato natural	2,79 Ab	4,95 Aa	0,79 Aa	0,88 Aa
Feijão-de-porco	2,21 Ba	3,24 Ba	0,57 Aa	0,50 Ba
Média geral	2,50 B	4,10 A	0,68 A	0,69 A

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

guandu somente na presença do fosfato natural (Tabela 1). Isso mostra que a capacidade concentradora de fósforo daquela planta aumenta com a aplicação do fosfato natural. Tanto na folha quanto no lenho da titônia, o teor de fósforo foi significativamente maior na presença do fosfato natural do que na presença do feijão-de-porco. No caso do guandu, isso só ocorreu nas folhas, o que corrobora com os relatos de Souza et al. (2008).

Avaliação do desempenho da mandioca

Embora não constatado efeito significativo de tratamento de recuperação do solo na sobrevivência e na altura da mandioca, pode-se verificar uma tendência de superioridade dos tratamentos fosfato natural e testemunha (Tabela 2), possivelmente devido à ausência de competição da cobertura verde. Ao longo dos dois anos de estudo, apenas três podas foram realizadas na titônia e no guandu e, provavelmente, isso foi insuficiente para diminuir a

competição com as plantas de mandioca.

Por seu rápido amadurecimento, alta produção de biomassa e capacidade de regeneração, a titônia é uma planta competidora por nutrientes. Por isso, cortes frequentes têm sido recomendados para controlar a competição dessa planta com os cultivos agrícolas (PALM et al., 1996). Costa et al. (2000) relatam uma alta competição de titônia com *Vigna radiata*, limitando a reprodução desse feijão. A competição de plantas de guandu também pode prejudicar consórcios com alguns cultivos inadequadamente manejados (PAULO et al., 2001).

As médias de produção de biomassa e de raiz, tanto na base úmida como na seca, sofreram efeito de tratamento (Tabela 2). A maior biomassa aérea, tanto na base úmida como na seca, foi proporcionada pelo tratamento fosfato natural, que diferiu significativamente do tratamento fosfato natural com feijão-de-porco, fosfato natural com guandu e feijão-de-porco com guandu ou com

Tabela 2: Altura, sobrevivência e produção de biomassa aérea e de raiz de mandioca, na base úmida e seca, em um ciclo de 18 meses, no município de Marapanim, Pará. 2008.

Tratamento ¹	Altura -- cm --	Sobrevivência ----- % -----	Biomassa aérea		Raiz	
			Úmida	Seca	Úmida	Seca
			----- t ha ⁻¹ -----			
CAP	*	*	*	*	*	*
TEST	147,84 a	18,75 a	4,08 ab	1,31 abc	8,64 ab	3,73 ab
FN	143,74 a	20,75 a	5,74 a	1,69 a	11,75 a	4,44 a
FP	131,59 a	18,50 a	4,76 abc	1,66 ab	6,57 bc	2,65 abc
FN+FP	131,35 a	12,75 a	3,11 c	0,98 b	4,65 bc	1,64 c
FN+G	140,14 a	13,75 a	2,81 c	0,82 c	2,64 c	1,11 c
FN+T	142,85 a	15,00 a	3,93 bc	1,20 abc	5,33 bc	2,10 bc
FP+G	148,32 a	16,00 a	3,27 c	1,05 bc	3,46 c	1,54 c
FP+T	146,24 a	18,75 a	2,29 c	0,71 c	3,49 c	1,61 c

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

*Não se aplica.

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

titônia. Já a maior produção de raiz ocorreu no tratamento fosfato natural, tanto na base úmida como na seca. Na base úmida aquele tratamento não diferiu estatisticamente apenas da testemunha, enquanto na base seca não diferiu, também, do tratamento feijão-de-porco.

Devido o intenso uso prévio do solo estudado, o baixo uso de insumos e o déficit hídrico na fase inicial da mandioca, de modo geral, a produção de raiz foi muito baixa. Em sistema de preparo de área semelhante ao deste estudo (corte-e-trituração), Kato et al. (2007) obtiveram uma produção média de 20,6 t ha⁻¹. Somente a produção do melhor tratamento (fosfato natural) assemelhou-se à média da região estudada, de 12 t ha⁻¹ (KATO et al., 2007).

A maior produção de raiz obtida no tratamento fosfato natural pode ser explicada pela ausência de competição por parte das plantas adubadoras, o que concorda com o relato de Schons et al. (2007).

Dessa forma, em condições de cultivo

simultâneo de plantas adubadoras (adubação verde) com os cultivos, fica evidenciada a necessidade de um manejo apropriado daquelas plantas para evitar que as vantagens proporcionadas na qualidade do solo não sejam neutralizadas pela competição impostas aos cultivos.

Não se observou uma resposta significativa do fator “fosfato natural” na produção da mandioca (testemunha *versus* fosfato natural). Já o fator “adubação verde”, com ou sem fosfato natural, não proporcionou aumento significativo, e em alguns casos diminuindo, em relação à testemunha. Esses resultados sugerem que essas alternativas conservadoras de fertilidade de solo só podem ser efetivas em longo prazo.

Avaliação do desempenho do milho

A altura do milho não diferiu significativamente devido a tratamento (Tabela 3), apesar de Kato et al. (2002a) terem constatado uma maior resposta

Tabela 3: Características da produção de milho, na base úmida e seca, em um ciclo de cinco meses, no município de Marapanim, Pará. 2008.

Tratam. ¹	Altura -- cm --	Lenho		Sabugo		Grão	
		Úmida	Seca	Úmida	Seca	Úmida	Seca
		t ha ⁻¹					
CAP	*	*	*	*	*	*	*
TEST	104 a	0,92 bc	0,34 bc	0,025 bc	0,023 bcd	0,088 bc	0,081 bc
FN	108 a	0,78 bc	0,33 bc	0,100 b	0,093 bc	0,372 bc	0,348 bc
FP	127 a	0,78 bc	0,25 bc	0,031 bc	0,028 bcd	0,096 bc	0,090 bc
FN+FP	108 a	0,86 bc	0,40 bc	0,098 b	0,095 b	0,415 b	0,391 b
FN+G	127 a	2,15 a	0,97 a	0,322 a	0,296 a	1,174 a	1,115 a
FN+T	109 a	0,48 c	0,19 c	0,018 c	0,016 cd	0,054 c	0,049 c
FP+G	102 a	1,10 b	0,41 b	0,075 bc	0,069 bcd	0,267 bc	0,250 bc
FP+T	115 a	0,57 c	0,22 c	0,013 c	0,011 d	0,038 c	0,036 c

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

*Não se aplica.

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

dessa variável à aplicação de fosfato natural, nas mesmas condições de preparo de área.

A maior produção de biomassa do lenho, tanto na base úmida como na seca, foi proporcionada pelo tratamento fosfato natural com guandu, que foi seguida pela produção do tratamento feijão-de-porco com guandu, que, por sua vez, só diferiu significativamente dos tratamentos fosfato natural com titônia e feijão-de-porco com titônia (Tabela 3).

Também quanto à biomassa do sabugo e de grãos, tanto na base úmida quanto na seca, o tratamento de maior produção foi o fosfato natural com guandu (Tabela 3) e, em segundo plano seguem os tratamentos fosfato natural sozinho e fosfato natural com feijão-de-porco. O grupo de tratamentos de menor produção, sempre inclui o feijão-de-porco com titônia e o fosfato natural com titônia - é possível que a titônia, como planta concentradora de fósforo, tenha competido fortemente com as plantas de milho por aquele elemento, enquanto o guandu claramente se beneficiou da presença do fosfato natural. As vantagens do fosfato natural na produção de grão de milho, nas mesmas condições deste estudo, também foram constatadas por Kato et al., (2002a).

De modo geral, a produção de milho obtida neste estudo foi baixa, devido possivelmente ao histórico de desgaste do solo e ao baixo uso de insumos. Além do mais, na prática de corte-e-trituração, a melhor época de plantio é novembro e não fevereiro (como no presente estudo) devido à maior luminosidade (KATO et al., 2002b). As médias de produção obtidas são bem inferiores à média do Pará, que em 2006/2007, foi de 2,06 t ha⁻¹ (IBGE, 2008). No entanto, a produção do tratamento fosfato natural com guandu é mais que o dobro da obtida no contexto do sistema tradicional corte-e-queima (CRAVO et al., 2008).

Tendo como referência o tratamento testemunha, dos tratamentos com adubação fosfatada apenas o fosfato natural com guandu

aumentou significativamente a produção de biomassa do lenho, do sabugo e de grão. Da mesma forma, não se observou efeito significativo dos tratamentos só com adubação verde. Nas condições de baixo uso de insumos, isso sugere a necessidade de associar plantas adubadoras de solo a fontes complementares de nutrientes, como o fósforo, conforme sugere Skora Neto (2007), como ocorreu no caso do guandu. A falta de resposta do feijão-de-porco e da titônia na presença do fosfato natural, ressalta a importância das características intrínsecas das plantas adubadoras, como a capacidade de competição que é associada à arquitetura da planta, à densidade de plantio e ao manejo de corte.

Efeito na fertilidade do solo

Não foi observada nenhuma diferença significativa devido aos tratamentos na variável pH do solo, uma vez que, entre as alternativas de recuperação da fertilidade estudadas não se incluiu nenhum corretivo da acidez (Tabela 4).

Contudo, o maior teor de matéria orgânica ocorreu no tratamento fosfato natural com guandu, apesar deste não ter diferido significativamente dos tratamentos fosfato natural com feijão-de-porco, capoeira e feijão-de-porco. O tratamento fosfato natural com guandu também aumentou significativamente o teor da matéria orgânica nas condições de corte-e-trituração (comparação com a testemunha). Ao que tudo indica, esse efeito pode ser atribuído à maior produção de biomassa do guandu.

Também, o tratamento fosfato natural com guandu proporcionou um dos maiores teores de fósforo disponível no solo, mesmo que as folhas do guandu contenham menos fósforo que as da titônia (Tabela 1). O teor de P disponível, proporcionado pelo fosfato natural com guandu, não diferiu estatisticamente dos tratamentos feijão-de-porco com guandu, fosfato natural e fosfato

natural com titônia. O tratamento fosfato natural com guandu foi o único que aumentou estatisticamente o fósforo disponível nas condições de corte-e-trituração (comparação com a testemunha), embora os tratamentos fosfato natural, fosfato natural com feijão-de-porco e fosfato natural com titônia tenham sido concebidos para incorporar esse elemento ao solo.

Ao final deste estudo, a relação das variáveis de fertilidade com a produtividade agrícola é analisada na resposta do milho. Assim, o aumento na matéria orgânica e no fósforo disponível, proporcionado pelo tratamento fosfato natural com guandu, se refletiu na produção de biomassa do lenho e do sabugo, e do grão de milho (Tabela 4), provavelmente devido às contribuições daqueles atributos nos solos ácidos e de baixa fertilidade, principalmente nas condições de baixo uso de insumos.

Apesar de conhecida como planta concentradora de P, a titônia não contribuiu para elevar a disponibilidade desse elemento no solo, mesmo na presença do fosfato natural, ainda com

maior conteúdo de fósforo nas folhas que o guandu (Tabela 1). Provavelmente essa foi a razão pela qual essa planta adubadora não aumentou a produtividade agrícola (Tabela 4).

Conclusões

Nas condições deste estudo e numa sequência de cultivo mandioca - milho, os tratamentos de recuperação da fertilidade de solo estudados só afetaram positivamente a produção do milho.

O tratamento de maior impacto positivo nos componentes da produção do milho foi o fosfato natural com guandu. Em segundo plano, ficaram os tratamentos fosfato natural e fosfato natural com feijão-de-porco.

Dos tratamentos com fosfato natural, apenas aquele em associação com o guandu aumentou a produção do milho, enquanto que, na ausência desse insumo, a adubação verde não teve nenhum efeito positivo.

Nas condições de corte-e-trituração e em termos de matéria orgânica e fósforo disponível do solo, o tratamento de maior impacto positivo na

Tabela 4: Algumas variáveis de fertilidade do solo, na profundidade 0-10 cm, município de Marapanim, Pará. Julho/2008.

Tratamentos ¹	pH	Matéria orgânica		Fósforo disponível
		g kg ⁻¹		
CAP	5,74 a	66,00 abc		0,23 b
TEST	5,73 a	48,47 bcd		0,19 b
FN	5,68 a	54,52 bdc		0,32 ab
FP	5,49 a	65,13 abc		0,25 b
FN+FP	5,76 a	68,02 ab		0,34 ab
FN+G	5,74 a	69,98 a		0,47 a
FN+T	5,61 a	40,03 d		0,29 ab
FP+G	5,18 a	64,52 bc		0,36 ab
FP+T	5,54 a	47,04 cd		0,22 b

¹ CAP = Capoeira; TEST = Testemunha; FN = Fosfato natural; FP = Feijão-de-porco; G = Guandu; T = Titônia. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

fertilidade foi o fosfato natural com guandu, o que se refletiu no desempenho do cultivo do milho.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos assistentes de campo Ednaldo Nascimento e Josie Helen, e aos assistentes de laboratório Ivanildo Trindade, Neusa Ferreira, Helieth, Déia, Jorge e Fabiano.

Notas

* Parte da tese de doutorado do primeiro autor. Universidade Federal Rural da Amazônia. Doutorado em Ciências Agrárias.

Referências Bibliográficas

- AE, N. et al. Phosphorus uptake by pigeon pea and its role in cropping systems of the Indian subcontinent. **Science**, v.248, p.477-480, 1990.
- AMABILE, R.F et al. Absorção de N, P e K por espécies de adubos verdes cultivadas em diferentes épocas e densidades num Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.837-845, 1999.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (Washington, EUA). **Official methods of the A.O.A.C.** Washington, 1970. 1015p.
- COSTA, N.L. et al. **Resposta do guandu (*Cajanus cajan*) à altura e frequência de corte.** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2003. 3p. (Comunicado Técnico, 253).
- COSTA, W.A.J.M. et al. Competition between six hedgerow tree species and mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) in the mid-country intermediate zone. **Journal of Naturalist Science Foundation**, v.28, n.2, p.113-125, 2000.
- CRAVO, M.S. et al. Sistema Bragantino: alternativa inovadora para produção de alimentos em áreas degradadas na Amazônia. **Amazônia: Ci. & Desenv.**, v.4, n.7, p.221-239, 2008.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** SILVA, F.C. (Ed. Técnico). 2ª ed. Rev. Ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.
- FERREIRA, C.A.P. et al. **Estimativa de custo de sistema de produção de arroz, milho e mandioca no município de Igarapé-Açu.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1998. 5p. (Comunicado Técnico, 83).
- FREITAS, G.B. et al. **Adubação Verde.** Brasília: SENAR, 2003. 91p.
- GACHENGO, C.N. et al. Tithonia and senna green manures and inorganic fertilizers as phosphorus sources for maize in Western Kenya. **Agroforestry Systems**, v.44, n.1, p.21-36, 1999.
- GEORGE, T.S. et al. *Tithonia diversifolia*: variation in leaf nutrient concentration and implications for biomass transfer. **Agroforestry Systems**, v.52, n.3, p.199-205, 2001.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal.** Capturado em 25 de set. 2008. Online. Disponível na internet www.ibge.gov.br
- KATO, M.S.A. et al. **Genótipos de milho para plantio em sistema de corte e trituração.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002a. 4p. (Comunicado Técnico, 65).
- KATO, O.R. et al. **Época de preparo de área e plantio de milho no sistema de corte-e-trituração no município de Igarapé-açu,** Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002b. 3p. (Comunicado Técnico, 64).
- KATO, M.S.A. et al. **Agricultura sem queima: adaptando à realidade de agricultores familiares da comunidade São João – Marapanim, PA.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 49p. (Documentos, 289).
- LOPES, O.M.N. **Feijão-de-porco: Leguminosa para controle de mato e adubação verde do solo.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental – CPATU. 2000a. (Recomendações Técnicas, 12).
- LOPES, O.M.N. **Guandu: Leguminosa para controle do mato, adubação verde do solo e alimentação animal.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2000b. (Recomendações Técnicas, 10).
- MARIO JUNIOR, S.G.S. et al. Produção de fitomassa do feijão guandu em diferentes arranjos populacionais. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.3, n.1, p.1-5, 2009.
- NG'INJA, J.O. et al. **Traditional hedges in western Kenya: typology, composition, distribution, uses, productivity and tenure.** Pilot Project No. 8. Regional Agroforestry Research Centre, Maseno, Kenya. 1998.
- OLIVEIRA, P.C. et al. Fósforo, nitrogênio, lignina,

- celulose e polifenóis em amostras de serrapilheira foliar de *Neea macrophylla*, *Cecropia palmata* e *Casearia arbores* no Nordeste do Estado do Pará. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, n.3, p.20-28. 2009.
- OLSEN, S.R. et al. **Estimation of available phosphorus in soils extraction with sodium bicarbonate**. Washington: USDA, 1954. 19p. (Circular, 939).
- PALM, C.A. et al. **Farm hedge survey: composition, management, use and potential for soil fertility management**. Summary report for African Highlands Initiative. Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF), Nairobi, Kenya. 1996.
- PAULO, E.M. et al. Produtividade do café Apoatã em consórcio com leguminosas na região da Alta Paulista. **Bragantia**, v.60, n.3, p.195-199, 2001.
- RAIJ, B. VAN et al. Adubação fosfatada no Brasil: apreciação geral, conclusões e recomendações. In: OLIVEIRA, A.J.; LOURENÇO, S; GOEDERT, W.J. **Adubação fosfatada no Brasil**. Brasília: Embrapa-DID, 1982. Cap.1, p.1-19. (Documentos, 21).
- RODRIGUES, M.A.C. M. et al. Estrutura de florestas secundárias após dois diferentes sistemas agrícolas no Nordeste do estado do Pará. **Acta Amazônica**, v.37, n.4, p.591-598, 2007.
- SKORA NETO, F. et al. Fosfato natural e calcário na produção de biomassa da parte aérea de adubos verdes de inverno e verão. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, p.723-726, 2007
- SCHONS, A. et al. Rendimento da mandioca em diferentes arranjos de plantas no cultivo solteiro e consorciado com milho. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v.3, 4p. 2007. Capturado em 06 de jun. 2010. Online. Disponível na internet <http://www.cerat.unesp.br/revistarat/volume3/artigos/97%20Alfredo%20schoz.pdf>
- SILVA, M.A. et al. **Produção de biomassa e aspectos morfológicos de leguminosas arbustivas na Zona da Mata Seca de Pernambuco**. Associação Brasileira de Zootecnistas. João Pessoa, PB – UFPB/ABZ. 2008. 1-5p.
- SOUZA, C.M.A. et al. Crescimento de leguminosas submetidas a diferentes níveis de adubação com fosfato de rocha. **Revista de Ciências Agrárias**, v.50, p.77-93. 2008.
- SOUZA JÚNIOR, O.F. Influência do espaçamento e da época de corte na produção de biomassa e valor nutricional de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. Marília, 2007. 43p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Marília/Faculdade de Ciências Agrárias, Marília.