

FERTILIDADE DO LATOSSOLO AMARELO TEXTURA MÉDIA SOB CULTIVO INTENSIVO DE PLANTAS ALIMENTARES NO NORDESTE PARAENSE¹

Paulo Fernando da S. MARTINS²
Marta Nílvia Gomes PINA³
Ana Regina Araújo MARTINS⁴

RESUMO: O presente trabalho avalia a fertilidade do Latossolo Amarelo textura média (Oxisolo), em área situada no Nordeste do Estado do Pará, depois de dois anos da sucessão anual de arroz-milho-caupi, período em que recebeu dois diferentes tratamentos de adubação: composto e formulação NPK. Foram avaliadas diversas variáveis físicas e químicas mediante um delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições, tendo como parcelas subdivididas as profundidades de 0 - 10 e 10 - 20 cm. Foram determinadas as seguintes variáveis químicas: pH, bases trocáveis (Ca+Mg, K e Na), acidez trocável (H+Al), P extraível e teor de C, e as seguintes variáveis físicas: teores de areia, silte e argila; grau de flocculação; densidade de partículas; densidade do solo; macroporosidade e microporosidade. A avaliação estatística efetuada permitiu concluir que a adubação (quer seja com NPK ou composto) melhora as variáveis químicas do solo, mas não afeta as variáveis físicas. Houve interação entre o tratamento de adubação (tanto NPK quanto composto) com a profundidade. A produtividade do caupi e do milho se correlacionaram significativamente ($p < 0,05$) através de equações de regressão com o P extraível ($R^2 = 0,60$ a $0,76$), o pH ($R^2 = 0,47$ a $0,58$) e o K trocável ($R^2 = 0,55$ a $0,77$); por outro lado, não se correlacionaram significativamente com as variáveis físicas estudadas.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Fertilidade do Solo, Latossolo Amarelo, Culturas Alimentares, Cultivo Intensivo, Rotação de Cultura

FERTILITY OF A LOAMY YELLOW LATOSOL UNDER CONTINUOUS FOOD CROPS IN NORTHEAST OF PARA STATE

ABSTRACT: Some properties of a loamy oxisol of the northeastern of the Pará state under continuous crops of rice-corn-cowpea were determined after two years of manure or chemical fertilizer applications. A split-plot experimental design was used with organic compost and an NPK formula as treatments and depth of soil sampling (0 - 10 cm and 10 - 20 cm) as sub treatments, with four replicates. Chemical properties determined were pH, exchangeable bases (Ca+Mg, K and Na), exchangeable acidity (H+Al), P and C; physical properties were granulometry, particle density, bulk density and porosity of the soil. Results showed that organic compost and NPK application improved the chemical properties of the soil, but they did not affect the physical variables measured. There was an interaction between treatments and depth of soil sampling. There was a significant correlation ($p < 0,05$) between yields of corn or cowpea with available P ($R^2 = 0,60$ to $0,76$), pH ($R^2 = 0,47$ to $0,58$) and exchangeable K ($R^2 = 0,55$ to $0,77$). Physical properties of the soil were not correlated with harvest of either corn or cowpea.

INDEX TERMS: Soil Fertility, Oxisol, Food Crops, Continuous Crop, Crops Rotation

¹ Aprovado para publicação em 30.06.00

Pesquisa financiada pela Fundação Banco do Brasil.

² Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará

³ Engenheira Agrônoma da Secretaria de Agricultura do Estado do Pará

⁴ Engenheira Agrônoma da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará

1 INTRODUÇÃO

Um dos pontos importantes quando se considera a viabilidade do cultivo permanente de plantas alimentares em solos de terra firme da Amazônia é a manutenção da fertilidade do solo ao longo do tempo.

Produções contínuas de culturas alimentares, utilizando doses elevadas e sucessivas de fertilizantes, foram obtidas em Ultisolo na Amazônia peruana (Sanchez et al, 1982) e também em Oxisolo (Latossolo Amarelo textura argilosa) da região de Manaus, este especialmente com adições complementares de P (Smyth & Cravo, 1990).

Tem se verificado que o cultivo intensivo, em Latossolo Amarelo textura média, do Nordeste paraense com adubação é viável do ponto de vista edafo-climático quanto ao milho e ao caupi (Martins et al, 1998b), mas, sem adubação, acarreta pequenos resultados tanto em termos de produtividade quanto de rentabilidade (Martins et al, 1998a). Por outro lado, a adubação acarreta o aumento da incidência de plantas invasoras cujas espécies variam com a natureza mineral ou orgânica do adubo utilizado (Martins et al, 1997) com restrições sobre o desenvolvimento da cultura do arroz (Martins et al, 1998b).

De qualquer modo, é reduzida a quantidade de informações sobre a fertilidade do solo após vários períodos de cultivo nesta região. Visando contribuir para o esclarecimento desta questão, este trabalho avalia as principais variáveis químicas e físicas do Latossolo Amarelo textura média quando submetido à rotação anual arroz-milho-caupi, bem como a relação existente entre a produtividade das culturas do caupi e do milho e o estado de fertilidade do solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

A área onde foi conduzida a pesquisa que originou o presente trabalho, bem como o solo utilizado foram caracterizados em Martins et al (1998a). Ela se localiza no município de Santo Antônio do Tauá, possui um clima Ami da classificação de Köppen, onde ocorre o Latossolo Amarelo textura média (Vieira et al, 1962), o qual pertence a ordem Oxisol da classificação americana (Estados Unidos. Department of Agriculture, 1994).

Os dados utilizados foram obtidos em experimento que foi conduzido durante dois anos de cultivo contínuo de arroz-milho-caupi, em rotação, em área antes ocupada por capoeira (vegetação secundária após a eliminação da mata) de, aproximadamente, 10 anos, a qual foi inicialmente derrubada e queimada de acordo com o procedimento tradicional da agricultura itinerante. Após a queima, antes do início do experimento o solo possuía as características contidas na Tabela 1, sendo que foram utilizados os seguintes métodos: C - via úmida com dicromato de potássio em meio ácido como oxidante; P - método colorimétrico com extração ácida pelo procedimento de Mehlich; pH- em água na proporção 1:2,5; Ca, Mg, H e Al extraídos com KCl 1N e pH 7; Ca - titulação com EDTA; Mg - por diferença entre Ca+Mg e Ca; Ca+Mg - titulação com EDTA; Na e K - fotômetro de chama com extrator Melich I.

O milho foi cultivado no período de abril a junho e o caupi de julho a setembro.

2.2 PREPARO DO SOLO

Na seqüência de cultivo no primeiro ano, e no cultivo de arroz no segundo ano, foi sempre efetuada capina com enxada como forma de limpeza da área, pois a mesma só foi destocada

Tabela 1 – Características químicas do solo no início do experimento

Prof. (cm)	pH	Bases trocáveis (cmol _c kg ⁻¹)				Soma (S) (cmol _c kg ⁻¹)
		Ca	Mg	Na	K	
0 - 20	4,7	121,13	0,8	0,02	0,03	1,98
Prof. (cm)	H (cmol _c kg ⁻¹)	Al (cmol _c kg ⁻¹)	T (S + H + Al) (cmol _c kg ⁻¹)	V (100S/T) (%)	C (g.kg ⁻¹)	P (mg.kg ⁻¹)

no segundo ano, quando os tocos se apresentavam menos resistentes, com auxílio de uma talha Tirfor com capacidade para três toneladas. O preparo para o plantio do milho e do caupi, no segundo ano, foi feito através de aração e gradagem utilizando uma parelha de cavalos tracionando o Policultor CEMAG 1.500.0001, com arado reversível de aiveca e grade de discos.

2.3 CONTROLE DE ERVAS INVASORAS

O controle de ervas invasoras foi efetuado através de cobertura morta tendo como referencial a capina com enxada.

A aplicação de cobertura morta foi feita a cada plantio utilizando-se a liteira da capoeira adjacente à área de plantio e outros materiais disponíveis no local, tais como partes de folhas de dendê e ramos de crotalária e feijão guandu, na quantidade de 5 t/ha (peso fresco), de uma só vez após a germinação. A capina com enxada foi realizada em número de duas por cada cultivo.

2.4 ADUBAÇÃO

A adubação com composto foi efetuada utilizando-se material obtido a partir de resíduos vegetais triturados e curtidos por um período de, aproximadamente, 90 dias, na quantidade, em peso seco, de 3,5 t/ha/cultura, tendo o mesmo, ao final do processo, a seguinte composição química: 1,21% de N; 0,003% de P; 0,35% de K, 0,82% de Ca e 0,22 de Mg.

A adubação NPK serviu de referência e foi efetuada utilizando a uréia, o superfosfato triplo e o cloreto de potássio como fonte de nutrientes. As quantidades aplicadas de N, P₂O₅ e K₂O foram: 60-30-10, 15-80-60 e 20-80-40 kg/ha para arroz, milho e caupi, respectivamente. As quantidades aplicadas dos principais nutrientes contidos no composto, correspondem a 42 kg de N, 2 kg de P₂O₅, 15 kg de K₂O, 40 kg de CaO e 13 kg de MgO/ha.

2.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL, COLETA DE AMOSTRAS E TRATAMENTO DOS RESULTADOS

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições e três tratamentos (adubação com composto, adubação NPK e sem adubação) consistindo de parcelas de 70 m² (7mx10m). Os efeitos dos tratamentos sobre a produtividade do milho e do caupi durante os dois anos do experimento foram avaliados por Martins et al (1998a). Os espaçamentos utilizados foram, arroz: 30cm x 30cm; milho: 1m x 0,5m e caupi: 5cm x 30cm.

Os dados de produtividade do caupi (Ipean V-69) e do milho (Br - 5102) utilizados no experimento foram obtidos no segundo ano da aplicação da sucessão. A produtividade do caupi foi de 592, 779 e 181 kg.ha⁻¹, respectivamente, à adubação com composto, adubação NPK e sem adubação, diferindo significativamente entre si (Martins et al,

1998a), enquanto a média do Estado do Pará está em torno de 700 kg. No caso do milho, a produtividade foi medida através da produção de matéria seca por planta aos 33 dias, devido a problemas ocorridos com a germinação no cultivo do segundo ano, ao qual se relacionam as amostras de solos. Todavia, os dados do primeiro ano foram 798 kg.ha⁻¹ com o composto, 1 016 kg.ha⁻¹ com NPK e 235 kg.ha⁻¹ sem adubação. O arroz não foi incluído, pois a produtividade foi muito baixa, tendo este fato sido atribuído à competição por nutrientes, água e luz com as ervas invasoras (Martins et al, 1998b).

As amostras de solos foram coletadas três meses após a colheita do caupi. Na avaliação do solo utilizaram-se amostras deformadas e amostras indeformadas, coletadas nas profundidades de 0 - 10 e 10 - 20 cm, tendo estas sido consideradas como subdivisão das parcelas nos blocos experimentais.

As amostras indeformadas foram coletadas em duplicata para cada repetição, obtidas em cilindros de 269,26 cm³ com o auxílio de um extrator tipo Uhland e serviram para determinações de parte das variáveis físicas. As amostras deformadas foram secas ao ar e passadas em tamis de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), servindo para as determinações das variáveis químicas, da granulometria, do grau de floculação e da densidade de partículas.

Quanto aos métodos utilizados, as variáveis físicas constaram de: granulometria (teores de areia grossa, areia fina, silte e argila) e grau de floculação pelo método internacional da pipeta modificado (Embrapa, CNPS, 1997); densidade de partículas (Dp), densidade do solo (Ds), porosidade total {Pt = [1 - (Ds/Dp)]100}, macroporosidade e microporosidade, sendo a separação entre estas duas últimas feita à tensão de 6 kPa em mesa de tensão (Kiehl, 1979).

As variáveis químicas determinadas foram: pH em água, pH em cloreto de potássio (relação 1:2,5); teor de C, via úmida em dicromato de potássio em meio ácido como oxidante; P extraível, em colorímetro com extração ácida pelo procedimento de Mehlich; Ca, Mg, H e Al trocáveis, extraídos com cloreto de potássio 1 N a pH 7, tendo o Ca+ Mg e o Ca sido titulados com EDTA, enquanto o Mg foi obtido por diferença; Na e K, determinados no fotômetro de chama com extrator Mehlich.

As variáveis químicas obtidas indiretamente, a partir das determinadas, foram calculadas através das seguintes equações: Soma de Bases (S) = Ca + Mg + K + Na trocáveis; Capacidade de Troca de Cátions (representada pelo valor T) = (S) + (H + Al trocáveis); Valor de Saturação de Bases (V%) = (S/T)100.

Foi efetuado tratamento estatístico através de análise de variância dos fatores bloco, prática de adubação e profundidade do solo; teste F; comparação de médias pelo teste de Tukey (Gomes, 1973); análise de regressão entre as variáveis do solo e a produtividade das culturas, incluindo variância, pelo programa SAEG-4 da Fundação Arthur Bernardes da Universidade Federal de Viçosa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A significância das diferenças estatísticas entre as variáveis do solo em função dos fatores estudados está indicada na Tabela 2, na qual se verifica que ocorrem muitas diferenças quanto ao fator profundidade. Considerando este fator, apenas nas variáveis areia grossa, areia fina, silte e H + Al trocáveis não ocorrem diferenças entre as profundidades 0 - 10 cm e 10 - 20 cm. Verifica-se, também, que não há interação entre os fatores adubação e profundidade na grande maioria das variáveis físicas (a exceção do grau de floculação e microporosidade), ao contrário das variáveis

químicas dentre as quais somente com o teor de C, o pH em água e a quantidade de H + Al trocáveis não há interação. É importante notar, ainda, que as diferenças quanto ao fator adubação não ocorreram com as variáveis físicas e que dentre as variáveis químicas apenas não ocorreu diferença no teor de C e no H + Al trocáveis.

A adubação provocou diferenças estatisticamente significantes nas variáveis teor de P, pH em água, pH em KCl, K trocável, Ca + Mg trocáveis, Soma de Bases (S), Capacidade de Troca de Cátions (T) e Valor de Saturação de Bases (V).

A ocorrência de diferença significativa entre diversas profundidades nas variáveis do solo é comum, como aconteceu nesta pesquisa com a maioria das variáveis estudadas, indicando que a fertilidade diminui com a profundidade. Todavia, foram constatadas várias interações entre adubação e profundidade, especialmente no que se refere às variáveis que também sofreram efeito da adubação (Tabela 2), demonstrando que a influência desta atua de forma diferenciada nas profundidades, conforme será discutido mais adiante.

3.1 EFEITOS DA ADUBAÇÃO E DA PROFUNDIDADE SOBRE AS VARIÁVEIS

A Tabela 3 apresenta os valores médios, em função da adubação e da profundidade, das variáveis cujas diferenças foram significantes, quanto ao fator adubação, na avaliação estatística efetuada. Dentre os efeitos significantes da adubação verifica-se que a aplicação de NPK e de composto são diferentes entre si e, também, diferem do tratamento sem adubo no que concerne às variáveis teor de P extraível, pH em água (o pH em KCl também, mas não foi incluído na tabela), K trocável,

Ca + Mg trocáveis, valor S e valor T. Para o valor V os tratamentos com NPK e composto são equivalentes entre si, mas superiores ao tratamento sem adubo. Portanto, constata-se que a adubação favorece o estado de fertilidade do solo através da melhoria das principais variáveis químicas do solo.

O melhor estado do solo devido à adubação já havia sido verificado por Martins et al (1998a) através da produtividade das culturas do milho e do caupi, sendo que o efeito do adubo NPK foi superior ao do composto, o que também foi constatado por Wade & Sanchez (1983) na sucessão cultural soja-caupi-milho-amendoim-arroz em ultisolo na Amazônia peruana.

Comparando-se o estado das variáveis que sofreram efeito da adubação NPK na profundidade de 0 – 20 cm (Tabela 3) com o estado existente no início do experimento (Tabela 1), verifica-se que houve diminuição apenas da variável P, enquanto ocorreu aumento nas variáveis K e Ca+Mg trocáveis, e V. O pH e a variável T praticamente não se alteraram. O teor de C teve um ligeiro decréscimo de 1,17 para 0,97%.

Apesar da maioria das variáveis apresentarem valores médios, entre as duas profundidades, mais elevados no tratamento com composto em comparação ao NPK, com o P deu-se o inverso. Tomando por base que a produtividade do caupi e do milho são superiores no tratamento com NPK (Martins, 1998a), pode-se concluir que a supremacia do P extraível na parte superior do solo tem um papel destacado no desenvolvimento dessas culturas, além do que se verificou que na profundidade de 20 a 30 cm o estado desta variável, ao contrário das demais, também é superior no tratamento com NPK (1,26 contra 0,70 P mg.kg⁻¹ do composto).

Tabela 2 - Significância estatística das diferenças entre as variáveis químicas e físicas do solo em função dos fatores adubação, profundidade e interação adubação *versus* profundidade

VARIÁVEIS (1)	FATORES			MÉDIA /s ²
	Adubação(A)	Profund.	A x P	
1. Areia Grossa	ns	ns	ns	41,8 / 4,4
2. Areia Fina	ns	ns	ns	39,8 / 3,3
3. Silte	ns	ns	ns	4,3 / 2,2
4. Argila	ns	**	ns	15,5 / 2,3
5. Grau de Flocculação	ns	**	*	77,7 / 7,6
6. Dens. de Partículas	ns	*	ns	2,62 / 0,05
7. Densidade do Solo	ns	***	ns	1,48 / 0,07
8. Porosidade Total	ns	**	ns	43,4 / 3,4
9. Microporosidade	ns	***	*	25,5 / 1,1
10. Macroporosidade	ns	***	ns	17,9 / 3,8
11. Teor de C	ns	***	ns	0,97 / 0,18
12. Teor de P	***	***	**	3,75 / 1,35
13. pH (em H ₂ O)	**	**	ns	4,43 / 0,37
14. pH (em KCl)	*	**	**	3,87 / 0,27
15. K Trocável	***	***	***	0,37 / 0,06
16. Ca + Mg Trocáveis	**	***	**	3,03 / 1,00
17. H + Al Trocáveis	ns	ns	ns	3,67 / 0,56
18. Soma de Bases (S)	***	***	**	3,77 / 1,05
19. CTC (T)	***	***	**	7,44 / 0,84
20. Valor Sat. Bases	**	***	*	44,0 / 9,0

Nota: a) Variáveis de 1 a 10 = Físicas; de 11 a 20, = Químicas

b) Sinais convencionais utilizados:

ns = não significante

* = significante ao nível de 5% de probabilidade

** = significante ao nível de 1% de probabilidade

*** = significante ao nível de 0,1% de probabilidade

Tabela 3 - Comparação de médias por tratamento de adubação (Ad) e profundidade (Prof) das variáveis com diferenças significantes quanto ao fator adubação (médias de 4 repetições).

ADUBAÇÃO	VARIÁVEIS COM DIFERENÇAS QUANTO A ADUBAÇÃO								
	P (mg.kg ⁻¹)			pH (H ₂ O)			K (cmol _c .kg ⁻¹)		
	0-10 cm	10-20 cm	\bar{x} Ad	0-10 cm	10-20cm	\bar{x} Ad	0-10 cm	10-20cm	\bar{x} Ad
Sem Adubo	1,73	0,67	1,20 c	4,2	4,0	4,1 c	0,22	0,08	0,15 c
NPK	6,90	4,65	5,78 a	5,0	4,1	4,6 b	0,62	0,20	0,41 b
Composto	7,46	1,07	4,26 b	5,2	4,3	4,8 a	0,84	0,25	0,54 a
\bar{x} Prof	5,36 a	2,13 b		4,8 a	4,1 b		0,56 a	0,18 b	
	Ca+Mg (cmol _c .kg ⁻¹)			T (cmol _c .kg ⁻¹)			V (%)		
	0-10 cm	10-20 cm	\bar{x} Ad	0-10 cm	10-20cm	\bar{x} Ad	0-10 cm	10-20cm	\bar{x} Ad
	Sem Adubo	2,51	0,91	1,71 c	7,23	4,72	5,98 c	40	24
NPK	4,81	1,46	3,14 b	9,58	5,54	7,56 b	63	34	48 a
Composto	6,98	1,51	4,24 a	11,78	5,78	8,78 a	73	34	54 a
\bar{x} Prof	4,77 a	1,29 b		9,53 a	5,35 b		59 a	31 b	

Nota: As médias com letras diferentes, na mesma coluna para adubação e na mesma linha para cada fator, diferem entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,01$.

3.2 RELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO CAUPI E DO MILHO

A Tabela 4 apresenta dados referentes à análise de regressão entre as variáveis do solo estudadas e a produção de caupi obtida três meses antes da coleta das amostras de solo, cujos valores de probabilidade (p) da análise de variância foram significantes a pelo menos 0,05. Nenhuma das variáveis físicas estudadas está incluída pelo fato de não terem apresentado valor p significativo.

Aune & Lal (1997), estudando diversos solos (oxisolos, ultisolos e alfisolos) em diversos experimentos localizados em zona tropical, encontraram relação entre a produção

de caupi (considerada por esses autores como moderadamente tolerante à acidez do solo) e o pH do solo, tendo a regressão sido definida por uma função quadrática ($R^2 = 0,80$) e com um limite crítico de 4,7; para o K trocável a correlação foi exponencial ($R^2 = 0,80$) e com um limite crítico de 0,07 cmol_c.kg⁻¹. Já Cox & Uribe (1992), em ultisol da Amazônia peruana, estabeleceram um nível crítico⁵ para o K, nesta cultura, de 0,1 cmol_c.kg⁻¹. Considerando esses valores de limite crítico, os dados obtidos neste trabalho, que apresentam condições adequadas ao desenvolvimento do caupi, quanto ao pH, foram somente os tratamentos submetidos à adubação, e na profundidade de 0 - 10 cm, já quanto ao teor de K trocável, foram todos os tratamentos de adubação, em qualquer das

⁵ O nível crítico estabelecido por Cox & Uribe (1992) foi determinado pelo Modelo de plano linear III desenvolvido por Anderson & Nelson (1987), enquanto os limites críticos utilizados por Aune & Lal (1997) corresponderam a 80% da produtividade máxima obtida.

Tabela 4 - Análise de regressão entre as variáveis do solo (X) e a produtividade do Caupi (Y, expresso em g de grãos/73m²).

VARIÁVEL DO SOLO	PROF. (cm)	EQUAÇÃO	R ² Ajust.	F	p
Teor de P	0 - 10	LogY=0,9744-1,2912/X	0,76	36,12	0,0001
	10 - 20	Y= 9,659.10 ⁻¹ +2,529.10 ⁻² X + 1,732.10 ⁻¹ X ² -6,636.10 ⁻² X ³	0,66	08,19	0,0083
pH (em H ₂ O)	0 - 10	Y=1(2,2469-0,00396X)	0,58	16,32	0,0024
pH (em KCl)	0 - 10	Y=1(1,1916-0,003835X)	0,47	10,67	0,0085
K Trocável	0 - 10	LogY=1,0098-0,1665/X	0,72	29,52	0,0003
	10 - 20	LogY=0,01096-6,9576/X	0,77	37,81	0,0001
Ca+Mg Trocável	0 - 10	Y=1(0,7868-9,1654X)	0,48	11,14	0,0075
	10 - 20	Y= - 6,86.10 ⁻³ +1,4.10 ⁻⁴ X - 8,5.10 ⁻³ X ² +1,61.10 ⁻³ X ³	0,51	04,88	0,0325
H+Al Trocável	0 - 10	Y= - 2,2.10 ⁻⁵ +3,55.10 ⁻³ X ^{1/2} - 1,86.10 ⁻⁵ X+3,222.10 ⁻⁴ X ^{1/2}	0,78	14,47	0,0014
Valor S(Soma Bas.)	0 - 10	Y=1(0,8104-7,8411X)	0,54	13,74	0,0041
	10 - 20	Y= - 4,77.10 ⁻³ +7,77.10 ⁻³ X - 3,55.10 ⁻³ X ² +5,175.10 ⁻² X ³	0,60	06,59	0,0149
Valor T (CTC)	0 - 10	LogY=1,5291-8,48,84/X	0,48	11,01	0,0078
Valor V (Sat.Bas.)	0 - 10	Log Y = - log 0,3065+1,5229X	0,51	12,58	0,0053

Nota: Somente foram incluídos os dados referentes às variáveis do solo contidas na Tabela 2, considerando as profundidades de 0 - 10 e 10 - 20 cm, cujas regressões atingiram valores de p < 0,05.

profundidades e o sem adubação na profundidade de 0 - 10 cm.

Na cultura do milho, as regressões com p < 0,05, embora em menor número, envolveram as mesmas variáveis do solo, mas foram um tanto diferentes das encontradas com a cultura do caupi e, em geral, com diferentes equações para uma mesma variável (Tabela 5) e diferentes comportamentos quanto à profundidade: o pH em água e o valor V obtiveram regressão significativa na profundidade de 10 - 20 cm, ao contrário do que ocorreu com o caupi que foi na profundidade de 0 - 10 cm; o pH em KCl e o valor T não tiveram regressão significativa em nenhuma das duas profundidades; o Ca + Mg trocáveis e o valor S tiveram regressão significativa na profundidade de 10 - 20 cm, enquanto no caupi, nas duas profundidades.

As diferenças encontradas no solo entre as duas culturas podem ser atribuídas em parte

ao intervalo entre a colheita das mesmas e a coleta das amostras sem se poder descartar possíveis diferenças na interação entre o solo e as culturas. Porém, o fato das correlações envolverem as mesmas variáveis do solo indica a consistência dos resultados quanto à maioria dos fatores envolvidos, ficando em aberto as variações quanto às profundidades atingidas e o tipo de função que define a relação existente.

No caso do milho, Aune & Lal (1997) encontraram regressões definidas por equações exponenciais com o pH (R² = 0,42; nível crítico 5,0), o P extraível (R² = 0,88; nível crítico 7,6 mg. kg⁻¹) e o K trocável (R² = 0,43; nível crítico 0,083 cmol_c.kg⁻¹). Em comparação aos resultados obtidos por esses autores, os deste trabalho indicam que os valores encontrados são adequados quanto ao K, nas duas profundidades, quando o solo foi adubado e somente na profundidade de 0 - 10 cm quando não; adequado quanto ao pH apenas na profundidade de 0 - 10 cm e quando foi

Tabela 5. Análise de regressão entre as variáveis do solo (X) e a produtividade do milho (Y, expresso em g de matéria seca/planta).

VARIÁVEL DO SOLO	PROF. (cm)	EQUAÇÃO	R ² Ajust.	F	p
Teor de P	0 - 10	Log Y= 0,8101 + 0,9651 log X	0,60	17,25	0,0020
pH (em H ₂ O)	10 - 20	Log Y=0,3524.10 ⁻³ -0,13.10 ⁻⁴ /X	0,47	10,66	0,0085
K Trocável	0 - 10	Log Y= 0,0177 + 0,0109 log X	0,55	14,40	0,0350
	10 - 20	Y = 0,6746. 0,04257 ^X	0,68	24,31	0,0006
Ca+Mg Trocável	10 - 20	Y= - 1,86.10 ⁻⁴ +3,5.10 ⁻⁴ X - 1,67.10 ⁻⁴ X ² + 2,7.10 ⁻³ X ³	0,66	08,01	0,0086
H+Al Trocável	0 - 10	Y= - 2,6.10 ⁻³ +2,1.10 ⁻³ X - 5,4.10 ⁻⁴ X ² +4,5.10 ⁻³ X ³	0,61	06,74	0,0140
Valor S (Soma Bas.)	10 - 20	Y= -4,114.10 ⁻³ +2,87.10 ⁻³ X+2,49.10 ⁻³ X ² -7,36.10 ⁻² X ³	0,74	11,56	0,0028
Valor V (Sat.Bases)	10 - 20	Log Y= 0,02631 - 0,00336/X	0,47	10,72	0,0084

Nota: Somente foram incluídos os dados referentes as variáveis do solo contidas na Tabela 2, considerando as profundidades de 0 - 10 e 10 - 20 cm, cujas regressões atingiram valores de p < 0,05.

adubado; inadequado quanto ao P em qualquer das condições. Logo é possível concluir que o P extraível, por influir no desempenho do milho, se adicionado em maior quantidade poderá aumentar a produtividade desta cultura.

Portanto, quanto às regressões entre a produtividade das culturas e as variáveis do solo, considerando a profundidade, se verifica que: a) existem efeitos diferenciados das profundidades quanto ao estado da fertilidade decorrente das variáveis químicas; b) a exceção do pH em KCl e do valor T, as demais variáveis químicas estudadas influenciam, de alguma forma, o desenvolvimento das duas culturas.

4 CONCLUSÃO

Nas condições de cultivo da sucessão arroz-milho-caupi em Latossolo Amarelo textura média do Nordeste paraense, depois de dois anos é possível concluir que:

- a) a adubação não afetou as variáveis físicas do solo que foram estudadas;
- b) dentre as variáveis químicas estudadas não houve efeito da adubação apenas sobre o teor de C e a quantidade de H + Al trocáveis;
- c) houve interações entre os tratamentos de adubação (composto e NPK) e a

profundidade do solo no tocante às variáveis P extraível e valor V;

d) as variáveis químicas determinadas (não-calculadas) que mais claramente se relacionaram com a produtividade das duas culturas (caupi e milho) foram K trocável e P extraível, e, além destas, o H + Al trocáveis com o caupi e o Ca+Mg trocáveis com o milho;

e) as variáveis físicas estudadas não apresentaram regressões significantes com a produtividade do caupi e tampouco com a do milho.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof. visitante da FCAP, Eng^o Agr^o Francisco Ilton Moraes, pelas sugestões e versão do resumo para o inglês, e ao Prof. Titular da FCAP, Eng^o Flor. Waldenei Travassos de Queiroz, pelas sugestões e revisão quanto à análise estatística dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, R. L., NELSON, L. A. Linear-plateau and plateau-linear plateau models useful in evaluating nutrient responses. *North Carolina Res. Serv. Tech. Bull.* n. 283, 1987.
- AUNE, J. B., LAL, R. Agricultural productivity in the tropic and critical limits of properties of Oxisols, Ultisols and Alfisols. *Trop. Agric.*, Trinidad, n. 2, p. 96-103. Apr. 1997.

- COX, F. R., URIBE, E. Management and dynamics of potassium in a humid tropical ultisol under a rice-cowpea rotation. *Agron. J.*, n. 84, p. 655-660, Jul./Ago. 1992.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Division. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. **Keys to soil taxonomy**. 6. ed. Washington, D. C., 1994. 306p.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1973. 430p.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. p.102-104.
- MARTINS, P. F. da S., OHASHI, O. S., CARDOSO, A., FERREIRA, S. F. M. Influência de práticas agrícolas na incidência de ervas invasoras no cultivo de plantas alimentares em Santo Antônio do Tauá, PA. *Boletim da FCAP*, Belém, n. 28, p.93-103, jul./dez. 1997.
- , CARDOSO, A., FERREIRA, S. F. M., OHASHI, O. S., MARTINS, A. R. A. Utilização do composto orgânico e da cobertura morta no cultivo contínuo de milho e caupi em Latossolo amarelo textura média em Santo Antônio do Tauá, PA. *Boletim da FCAP*, Belém, n. 29, p.109-122, jan./jun. 1998a.
- , TEIXEIRA, P. E. G., MARTINS, A. R. A. Viabilidade edafo-climática do cultivo permanente de plantas alimentares em latossolo amarelo do nordeste paraense. *Boletim da FCAP*, Belém, n. 29, p.123-138, jan./jun. 1998b.
- SANCHEZ, P. A. et al. Amazon basin soils: management for continuous crop production. *Science*, v. 216, p.821-827, May, 1982.
- SMYTH, T. J., CRAVO, M. S. Phosphorus management for continuous corn-cowpea production in a brazilian amazon oxisol. *Agron. J.*, v. 82, p. 305-309, Mar./Abr. 1990.
- VIEIRA, L. S. et al. **Levantamento de reconhecimento dos solos da região Bragantina, Estado do Pará**. Belém: Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Norte, 1962. 63p. (Boletim Técnico, 47).
- WADE, M. K., SANCHEZ, P. A. Mulching and green manure applications for continuous crop production in the amazon basin. *Agron. J.*, v. 75, p. 39-45, Jan./Feb. 1983.