

Diferentes fontes de P no desenvolvimento do meloeiro e disponibilidade de fósforo no solo¹

Use of biofertilizantes phosphated of the development of the melon and readiness of phosphorus

Michelangelo de Oliveira Silva^{2*}, Newton Pereira Stamford³, Laerte Bezerra de Amorim⁴, Agenor Bezerra de Almeida Júnior⁵ e Monikely de Oliveira Silva⁶

Resumo - Avaliou-se o desenvolvimento da cultura do melão, como também a disponibilidade de fósforo nos solos com o uso de biofertilizante fosfatado após três ciclos da cultura. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados com três repetições, arranjados num fatorial 2 x 3 x 7, correspondente a dois tipos de solos (Latosolo Amarelo e Neossolo Flúvico); três fontes de fósforo (superfosfato triplo, biofertilizante fosfatado e a rocha fosfatada; e sete níveis de fósforo (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 do recomendado para a cultura e para cada solo). Os fertilizantes superfosfato triplo, biofertilizante de rocha fosfatada e rocha fosfatada não apresentaram diferenças significativas na produção de matéria seca, porém o biofertilizante foi o que mais disponibilizou P nos dois solos estudados após três ciclos da mesma cultura.

Palavras-chaves - Melão. Teor de Fósforo. Conteúdo de Fósforo. Fertilizantes Fosfatados.

Abstract - This work assessed the development of melon crops, and the availability of phosphorus in the soil with the use of biofertilizer phosphate after three cycles of culture. The treatments were distributed into randomized block design with three repetitions, arranged in a factorial 2 x 3 x 7, corresponding to two types of soils (Yellow Latossol and Fluvic Neosol); three sources of phosphorus (triple superphosphate, bio-fertilizer phosphate and rocks) and seven levels of phosphorus (0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0 of recommended for the culture and for each soil). The triple superphosphate fertilizer, biofertilizer rock phosphate and rock phosphate showed no significant differences in dry matter production, but the biofertilizer was the most available P in both soils after three cycles of the same culture.

Key words - Melon. Tenor phosphorus. Phosphorus content. Phosphated fertilizer.

* Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 01/10/2009; aprovado em 28/02/2011

Trabalho da disciplina de Microbiologia do Solo para obtenção de créditos, recursos advindos do custeio do programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFRPE, e CNPq

²Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo/UFRPE, Recife-PE, Brasil, angelo_ufrpe@yahoo.com.br

³Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. D. Manoel de Medeiros, s/n, Recife-PE, Brasil, 52.171-900, newton@depa.ufrpe.br

⁴Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares da UFPE, Recife-PE, Brasil, laerteamorim@yahoo.com.br

⁵Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo/UFRPE, Recife-PE, Brasil, agenor_almeida@hotmail.com

⁶Graduanda em Administração Rural/UFERSA, Mossoró-RN, Brasil, monikelyufersa@yahoo.com.br

Introdução

Nos últimos anos, a produção de melão (*Cucumis melo* L.) no Brasil tem aumentado substancialmente, sendo a região Nordeste a principal produtora, contribuindo com mais de 95% da produção nacional (IBGE, 2009). Nesse contexto, o estado do Rio Grande do Norte, destaca-se como o principal produtor e exportador dessa cucurbitácea, devido esse apresentar condições edafoclimáticas favoráveis a cultura.

Dado o avanço no cultivo do meloeiro e sua importância para a agricultura brasileira, se faz necessário o uso de tecnologias adequadas para aumentar a produtividade e melhorar a qualidade de frutos. A alta produtividade com frutos de boa qualidade está intrinsecamente ligado a uma adubação adequada. Dentre os nutrientes importantes para o desenvolvimento satisfatório do meloeiro destaca-se o fósforo (AMORIM et al., 2008), devido à influência na fase reprodutiva da planta, aumentando o número de frutos e o teor total de sólidos solúveis (NEGREIROS et al., 2003).

A expansão das áreas agrícolas e a demanda crescente de alimentos, junto com o esgotamento em nutrientes, requerem a prática da adubação, com aplicação de grandes quantidades de fertilizantes. As fontes fosfatadas requerem altos custos de beneficiamento para ser transformada em fertilizantes mais solúveis (GOEDERT; SOUSA, 1986; STAMFORD, et al., 2003), entretanto, essa transformação requer apreciável gasto de energia e mão de obra especializada (LIMA et al., 2007), além da necessidade de se estabelecer estratégias para o uso eficiente e econômico das rochas fosfáticas.

No contexto atual da agricultura irrigada, tem-se observado destaque cada vez maior para os chamados biofertilizantes, ou fertilizantes organominerais, que são produzidos através da inoculação de microrganismos em resíduos das mais diversas naturezas (STAMFORD et al., 2004a). A reciclagem de resíduos orgânicos, visando ao seu reaproveitamento como fonte alternativa para produção de fertilizantes, é uma medida extremamente estratégica, do ponto de vista ambiental, e por demais convenientes quando economicamente viável.

Considerando que os solos brasileiros são deficientes em fósforo e que os fosfatos são recursos naturais não renováveis (ARAÚJO et al., 2008; LEÃO et al., 2007), há necessidade em utilizá-lo eficientemente. A crescente conscientização ambiental nos últimos anos, e, principalmente, a escassez de matéria-prima para produção de fertilizantes minerais, despertou o interesse em vários pesquisadores (LIMA 2005; MOURA,

2007; STAMFORD et al., 2004b), em estudar outras fontes de fertilizantes agrícolas fosfatados, como por exemplo, a utilização de rochas fosfatadas e potássicas e a produção de biofertilizantes na agricultura.

Nesse sentido o trabalho tem como objetivo avaliar o desenvolvimento da cultura do melão, e a disponibilidade de fósforo em dois solos do Rio Grande do Norte com o uso de superfosfato triplo, biofertilizante fosfatado e rocha fosfatada após três ciclos da cultura.

Material e métodos

Montagem e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no Município de Mossoró, Rio Grande do Norte (RN), Brasil, entre os meses de março a setembro de 2005. O trabalho foi realizado em três ciclos, sendo cada ciclo conduzido até o início da frutificação, isto é, até os 45 dias após o plantio (DAP).

Os solos foram coletados a uma profundidade de 0 a 20 cm no Rio Grande do Norte, sendo o Latossolo Amarelo em Mossoró e o Neossolo Flúvico em Ipanguaçu. Parte desse solo foi seco ao ar, destorroado e peneirado em malha de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), depois analisados quanto aos atributos químicos e físicos dos solos (TAB. 1), conforme metodologia da Embrapa (1999), enquanto a outra parte foi passada em malha de 4 mm para a instalação do experimento. Depois de peneirados, os solos foram colocados em vasos de 10 L e umedecidos com água destilada, até atingir a capacidade de saturação.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições, em esquema fatorial 2 x 3 x 7, no total de 126 parcelas experimentais, cada parcela foi constituída de um vaso de capacidade de 10 L e uma planta por vaso. Foram utilizados dois tipos de solos (Latosolo Amarelo Distrófico psamítico e Neossolo Flúvico Eutrófico típico); três fontes de fósforo (Superfosfato triplo (SFT), Biofertilizante Fosfatado (BF) e o Rocha Fosfatada (RF); e sete níveis de fósforo (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 vezes do recomendado para a cultura e para cada solo). A produção do biofertilizante foi a partir de uma rocha fosfatada com predominância do mineral apatita (apatita de Irecê, Bahia, com 24 % de P_2O_5).

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos dos solos antes da montagem do experimento

Atributos	Solos	
	Latossolo Amarelo	Neossolo Flúvico
pH (1:2,5)	5,40	7,10
CO (g kg ⁻¹)	4,30	8,60
N (g kg ⁻¹)	12,90	24,50
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0,90	12,00
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,40	3,00
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,01	0,00
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	2,89	0,00
Na (cmol _c dm ⁻³)	0,05	0,67
K (cmol _c dm ⁻³)	0,15	0,68
P _{Mehlich} (mg dm ⁻³)	3,28	28,50
P _{Olsen} (mg dm ⁻³)	2,98	15,70
P _{rem} (mg L ⁻¹)	46,60	35,00
CTC ¹ (cmol _c dm ⁻³)	4,39	16,40
SB ² (cmol _c dm ⁻³)	1,50	16,40
V ³ (%)	34,20	100
Areia (g kg ⁻¹)	810	252
Silte (g kg ⁻¹)	42,0	500
Argila (g kg ⁻¹)	148	248
Ds ⁴ (g cm ⁻³)	1,68	1,40
Dp ⁵ (g cm ⁻³)	2,43	2,55

¹: Capacidade de Troca Catiônica; ² Soma de Base; ³Saturação por Base; ⁴Densidade do Solo e ⁵Densidade de Partícula

Produção de Biofertilizante

O biofertilizante foi produzido com adição de enxofre, inoculado com *Acidithiobacillus*. A bactéria foi cultivada em meio específico 9K em Erlenmeyers de 2000 mL, contendo 1.000 mL de meio, colocados em agitação a 150 rpm, por 5 dias a 28-30 °C. O material foi esterilizado a 120 °C, por 30 minutos, em autoclave horizontal. A adição de *Acidithiobacillus* foi efetuada

da seguinte forma: para cada camada com 1.000 kg de rocha (fosfatada ou potássica), foi realizada a mistura homogênea com enxofre (100 kg) em quatro camadas. Em seguida, adicionou-se a cultura de *Acidithiobacillus* diluída em água filtrada, na proporção de 1,5 L para cada 10 L de água. Antes da adição do biofertilizante, o canteiro foi revestido com lona plástica, com a finalidade de evitar acúmulo de água e manter a bactéria no escuro para ativar o processo da produção de ácido sulfúrico. Diariamente o biofertilizante foi irrigado para a manutenção da umidade próxima à capacidade de campo e recoberto com lona de polietileno, durante o período de incubação (60 dias). Depois de produzido, o biofertilizante foi colocado para secagem em temperatura ambiente, peneirado, ensacado e armazenado (LIMA et al. 2007).

Depois, realizou-se as análises químicas do biofertilizante, da rocha fosfatada como também do húmus de minhoca de acordo com metodologia preconizada pela Embrapa (1999), cujos resultados estão apresentados na Tabela 2. As determinações foram executadas em amostras compostas, com coletas em cada cinco sacos do biofertilizante, da rocha moída e do húmus de minhoca totalizando seis repetições.

Condução do experimento

As doses de P e adubação do N, K e micronutrientes foram previamente calculadas, de acordo com as necessidades da cultura do melão, segundo o Manual de Recomendação do Estado de Pernambuco (COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO, 2008). As doses de P foram adicionadas 30 dias antes do plantio em covas com 10 cm de profundidade, juntamente com as demais fontes. Utilizou-se o Cloreto de Potássio (KCl) como fonte de K, 160 kg ha⁻¹ de K₂O, e para a adubação nitrogenada o húmus de minhoca (TAB. 1), na dose de 40 kg ha⁻¹. A adubação com micronutrientes foi realizada através de uma mistura comercial tendo boro como referência para os cálculos (4 kg ha⁻¹), aplicados via fertirrigação. Durante o decorrer dos três ciclos do experimento, houve adubações complementares por meio da fertirrigação para manutenção da cultura (STAMFORD et al., 2004b).

Tabela 2 - Análise química do biofertilizante, rocha fosfatada e húmus (n = 6)

Fertilizantes	pH	pH	pH	P	K	Na	Ca	Mg	N
	(H ₂ O)	(KCl)	(CaCl ₂)						
Biofertilizante	3,10	2,83	3,04	44,99	0,10	0,50	2,75	1,00	0,00
Rocha Fosfatada	6,96	6,89	6,97	0,40	0,00	0,70	2,00	0,00	0,00
Húmus	6,38	6,32	6,24	0,80	0,30	0,10	0,00	0,00	8,70

Foi utilizado a cultivar híbrida Mandacaru (Sakata), após a realização do teste de germinação, com 12 DAP realizou-se o transplante das mudas. As plantas foram mantidas tutoradas. Durante os três ciclos, realizou-se a irrigação com água destilada, duas vezes por dia, sendo que a quantidade de água variou de acordo com a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente de cada solo, e com a fase de desenvolvimento da cultura. Os três ciclos não foram conduzidos até o fim, ou seja, 60 DAP, em virtude da baixa taxa de fecundação dos frutos, explicada pela ausência de insetos (abelhas) dentro da casa de vegetação. Desta maneira, as plantas foram colhidas após o final do florescimento e início da frutificação, aos 45 DAP.

Análises realizadas

As plantas foram cortadas a 1 cm do solo e pesada imediatamente para obtenção da massa fresca da parte aérea (MFPA), posteriormente foram levadas à estufa com circulação de ar forçada, a 65 °C até obter peso constante. Após esse procedimento, a matéria seca da parte aérea (MSPA) foi triturada e analisada quanto ao Ca, Mg, Na, K e P, por meio de digestão nitro-perclórica, numa relação (1:3).

As amostras de solo foram coletadas nos tratamentos do terceiro ciclo e depois de secas, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm foram determinados os seguintes atributos químico: pH em água (1:2,5), pH em KCl 1 mol L⁻¹ e pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹; Ca⁺² utilizando como extrator o KCl 1 mol L⁻¹ (EMBRAPA, 1997); P disponível obtido pelos extratores Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹), Mehlich-3 (NH₄F 0,0015 mol L⁻¹ + CH₃COOH 0,2 mol L⁻¹ + NH₄NO₃ 0,25 mol L⁻¹ + HNO₃ 0,013 mol L⁻¹ + EDTA 0,001 mol L⁻¹)

e Olsen (bicarbonato de sódio 0,5 mol L⁻¹, pH ajustado para 8,5), numa relação solo extrator de 1:10 (5 cm³ de TFSA e 50 mL da solução extratora), agitando-se por 5 minutos em agitador horizontal, deixando-se decantar durante 16 horas. A determinação do P foi realizada conforme descrito em Braga e Defelipo (1974).

Análise estatística

Foram realizadas análises de variância para MFPA, MSPA e para os nutrientes (Ca, Mg, Na, K e P) na parte aérea do melão, no terceiro cultivo. Para este mesmo ciclo, foi realizada análise de variância para todos os atributos químicos avaliados do solo. Ajustaram-se equações de regressão do P recuperado pelo extrator Olsen, bem como para MSPA do teor de P na planta, em função do P aplicado. As análises estatísticas foram efetuadas com o auxílio do SAEG versão 9.0 (SAEG, 2005).

Resultados e discussão

A fertilização com P apresentou resposta significativa ($p < 0,05$), após três cultivos com melão (TAB. 3), entretanto, houve diferença ($p < 0,05$) entre as fontes de fósforo para MFPA, onde o biofertilizante obteve maiores valores médio de 87,35 e 111,37 g para o Latossolo e Neossolo, respectivamente, não diferenciando estatisticamente do supertriplo. O biofertilizante fosfatado também proporcionou o maior acúmulo de massa seca, 11,66 e 17,91 g para o Latossolo e Neossolo, respectivamente. Porém, não houve diferença estatística entre os demais fertilizantes fosfatados. Por outro lado, os tratamentos com rocha fosfatada e superfosfato triplo não apresentaram diferença significativa entre si.

Tabela 3 - Produção de matéria fresca (MFPA), matéria seca (MSPA) e conteúdos de Ca, Mg, Na, K e P na parte aérea do meloeiro nas diferentes fontes de fósforo nos solos estudados, em casa de vegetação

Solo	Fonte	Variáveis						
		MFPA	MSPA	Ca	Mg	Na	K	P
		----- g -----		----- mg planta ⁻¹ -----				
Latossolo Amarelo	supertriplo	81,85 ab	9,34 a	82,85 a	14,52 b	1,98 b	5,45 a	2,47 b
	biofertilizante	87,35 a	11,66 a	109,03 a	20,56 a	2,92 a	6,65 a	5,20 a
	rocha fosfatada	76,45 b	9,76 a	86,09 a	20,16 ab	2,07 b	6,02 a	2,75 b
Neossolo Flúvico	supertriplo	105,23 ab	15,91 a	181,50 b	45,95 a	2,76 a	9,08 a	5,39 b
	biofertilizante	111,37 a	17,91 a	245,50 a	47,03 a	3,01 a	10,06 a	9,45 a
	rocha fosfatada	101,92 b	16,96 a	205,32 ab	39,21 b	2,54 a	9,10 a	6,20 b
CV ¹ (%)	10,57	24,31	28,49	25,66	32,07	28,84	24,84	

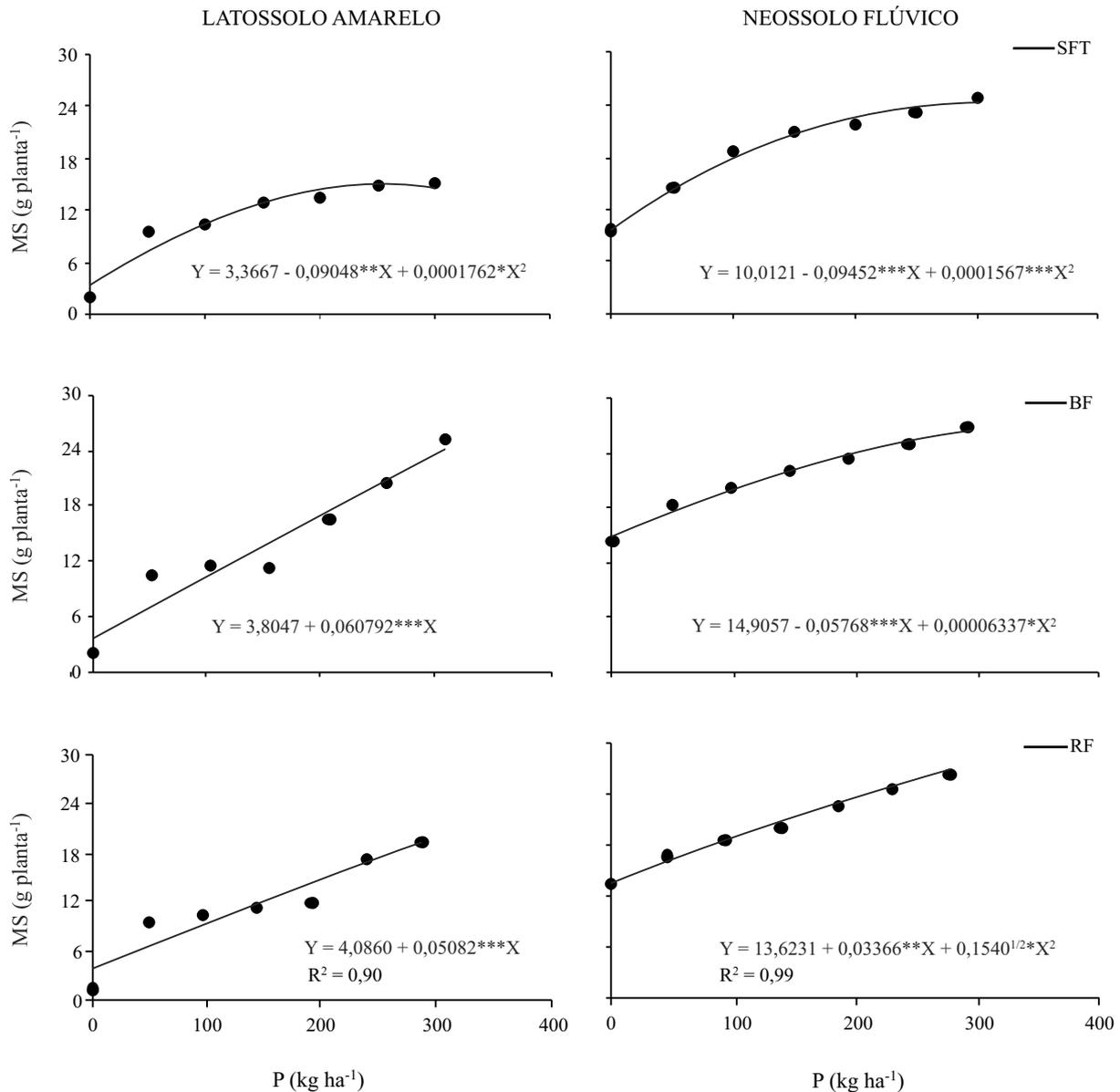
Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade dentro de cada solo;
¹Coefficiente de variação

Sobre o ajuste das equações na MSPA do meloeiro, o Latossolo, foi melhor ajustado com a função quadrática para o superfosfato triplo e, lineares para o biofertilizante fosfatado e rocha fosfatada. No Neossolo, o modelo de função quadrática foi utilizado para as fontes superfosfato triplo e biofertilizante fosfatado, e para rocha fosfatada o modelo ajustado foi o de raiz quadrada (FIG. 1).

Apesar de o fósforo ser mais influente na fase reprodutiva do meloeiro (AMORIM et al., 2008;

NEGREIROS et al., 2003), nessa pesquisa, pôde-se constatar ganho de MSPA em função do aumento das doses aplicadas dos fertilizantes (FIG. 1).

Avaliando o uso do biofertilizante de rochas fosfatada, Moura et al. (2007), constatou ganho de MSPA no meloeiro cultivado em Argissolo Acinzentado no Vale do São Francisco, Stamford et al. (2006) com cana-deaçúcar (*Saccharum officinarum*) em solo de tabuleiro da Zona da Mata de Pernambuco e Lima et al. (2007), com



***, **, * e ° - Significativos a 0,1; 1; 5 e 10 %, respectivamente. -SFT (super fosfato triplo), -BF (biofertilizante fosfatado) e -RF (rocha fosfatada)

Figura 1 - Produção de matéria seca da parte aérea das plantas (MSPA) em função das doses de fósforo aplicadas para o superfosfato triplo (SFT), biofertilizante fosfatado (BF) e rocha fosfatada (RF) no terceiro cultivo do meloeiro para o Latossolo amarelo e Neossolo flúvico

alface cultivado sob Latossolo Amarelo no sertão Cariri do Ceará. Stamford et al. (2005), usando rocha fosfatada natural (apatita de Gafsa) com adição de enxofre, com e sem inoculação com *Acidithiobacillus*, constataram aumento na produção de biomassa da parte aérea de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*).

Com relação aos acúmulos de nutrientes pela cultura pode-se observar que não houve diferença significativa no acúmulo de Ca e K, porém no Latossolo a fonte BF foi a que proporcionou o maior teor desses elementos na planta. Já para o Neossolo, houve diferença significativa para o Ca quando utilizado o BF, o qual, proporcionou um maior estoque desse macronutriente. O K, entretanto, se comportou de forma semelhante ao Ca em ambos os solos. Para os elementos Mg e Na, observou-se diferença estatística com a adição do BF, com o maior acúmulo desses elementos na planta em ambos os solos, exceto para o Na no Neossolo que não apresentou diferença estatística (TAB. 3). No entanto, Belfort (1985) ao trabalhar com melão em um Latossolo Vermelho Amarelo encontrou valores médios para Mg acumulado na parte aérea do meloeiro, de 19 mg por planta, no final do ciclo da cultura.

O acúmulo de P na planta apresentou diferença estatística para as fontes e em ambos os solos. As plantas acumularam P na seguinte ordem de tratamentos: BF>RF>SFT, nos dois solos estudados (TAB. 3). Esse efeito observado para a rocha fosfatada pode ter sido em função de que a mesma foi usada com adição de enxofre elementar, sem inoculação com *Acidithiobacillus*. Provavelmente deve ter havido participação efetiva das bactérias oxidantes do enxofre nativas do solo, que contribuem na solubilização de P (SANTOS, 2002), promovendo assim o aumento no desenvolvimento da planta. Resultados semelhantes foram

obtidos por Stamford et al. (2004a, 2004b e 2005). Na cultura da cana-de-açúcar, em solo de tabuleiro de Pernambuco com baixos teores de P e K disponível, Lima (2005) também verificou efeito positivo de biofertilizantes com P e K, comparados com fertilizantes convencionais (SFT+KCl) e com rochas fosfatadas e potássicas.

Na Figura 2, pode-se evidenciar maior acúmulo de P na planta em função das doses aplicadas dos fertilizantes. Em ambos os solos, os ajustes foram curvilíneos e linear, com parâmetros altamente significativos para as fontes SFT e BF, e RF, respectivamente.

Os valores de pH em função da fertilização com P no solo encontram-se na Tabela 4. No Latossolo verificou-se um ligeiro aumento nos valores do pH em água em relação ao inicial (pH 5,40), quando aplicados BF, sem diferença significativa para as fontes. O uso de BF inoculado com *Acidithiobacillus* promoveu liberação de íons H⁺ (STAMFORD et al., 2002; 2005), sendo essa mudança menos perceptível no Latossolo Amarelo, conseqüência esta, da alta concentração de areia (810 g kg⁻¹), baixa concentração de argila (148 g kg⁻¹) e da menor CTC deste solo, diferentemente do Neossolo Flúvico, proporcionando desta forma, comportamentos antagônicos.

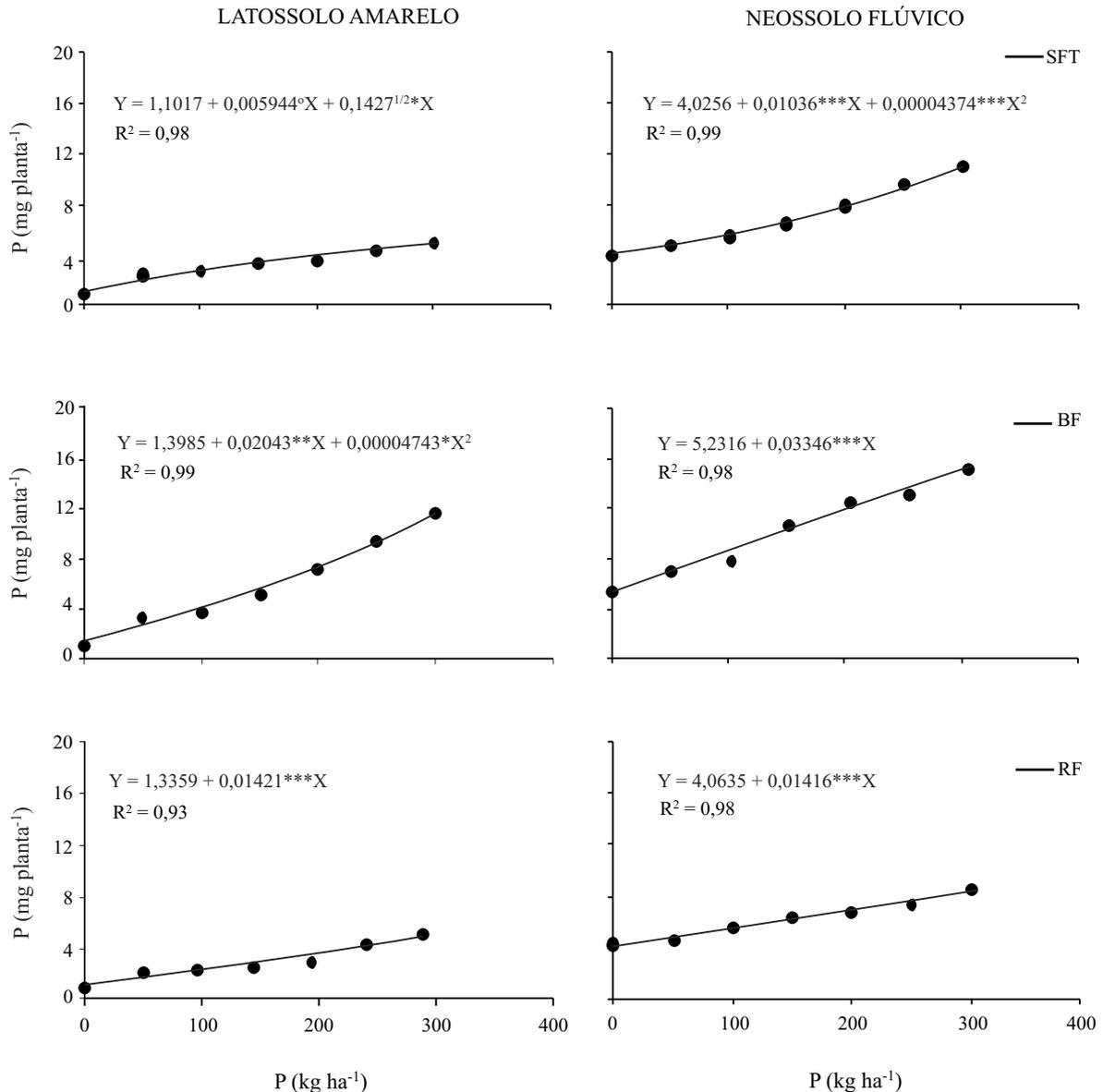
Para Neossolo Flúvico, observou-se decréscimo do pH inicial do solo para os tratamentos com aplicação de BF e RF (TAB. 4), isso provavelmente ocorreu em virtude da adição do S elementar das rochas fosfatadas e da participação efetiva das bactérias oxidantes do enxofre, nativas do solo, contribuindo desta forma para o aumento da acidez.

A aplicação das rochas pode ter ocasionado a acidificação do solo de modo semelhante ao relatado por Villar (2003), que ao trabalhar com lixiviação bacteriana

Tabela 4 - Valores de pH (H₂O, KCl e CaCl₂) e teores de Ca, P recuperado por diferentes extratores em função das fontes de fósforo aplicados nos solos estudados no terceiro cultivo de melão, em casa de vegetação

Solo	Fonte	Variáveis						
		pH	pH	pH	Ca	P Melich-1	P Olsen	P Melich-3
		H ₂ O	KCl	CaCl ₂	cmol _c dm ⁻³	----- mg dm ⁻³ -----	-----	-----
Latossolo Amarelo	supertriplo	5,62 a	4,54 a	4,59 a	3,08 a	33,62 c	16,82 c	24,53 b
	biofertilizante	5,60 a	4,50 a	4,57 a	2,78 a	48,85 a	26,57 a	32,09 a
	rocha fosfatada	5,68 a	4,46 a	4,52 a	2,87 a	38,32 b	24,86 b	18,73 c
Neossolo Flúvico	supertriplo	6,25 a	5,57 a	5,89 a	12,89 a	25,79 c	15,51 c	20,25 c
	biofertilizante	6,33 a	5,63 a	6,03 a	13,17 a	42,76 a	26,89 a	38,12 a
	rocha fosfatada	6,20 a	5,58 a	5,99 a	12,38 a	39,83 b	22,61 b	31,43 b
CV ¹ (%)	4,06	2,81	2,77	14,61	5,32	6,13	5,41	

Médias seguidas de mesma letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade dentro de cada solo.
¹Coefficiente de variação



***, **, * e ° - Significativos a 0,1; 1; 5 e 10 %, respectivamente

Figura 2 - Conteúdo de P acumulado em função das doses de fósforo aplicadas dos fertilizantes para o superfosfato triplo (SFT), biofertilizante fosfatado (BF) e rocha fosfatada (RF) no terceiro cultivo do meloeiro para o Latossoilo amarelo e Neossoilo flúvico

de metais presentes em lodo de esgoto sanitário sugeriu que a presença da espécie *Acidithiobacillus thiooxidans* no lodo foi o principal responsável pela acidificação do lodo, cujo pH foi inferior a 4,0.

Stamford et al. (2002), usando S inoculado com *Acidithiobacillus* na recuperação de solos salinos sódicos, observaram que a produção de H₂SO₄ continua a ocorrer até o consumo total do S adicionado, chegando a promover a acidificação do solo com redução do pH inicial de 8,2 para 4,5 com adição de 1,8 t ha⁻¹ de enxofre. Stamford et al. (2005) usando a rocha fosfatada (apatita de Gafsa)

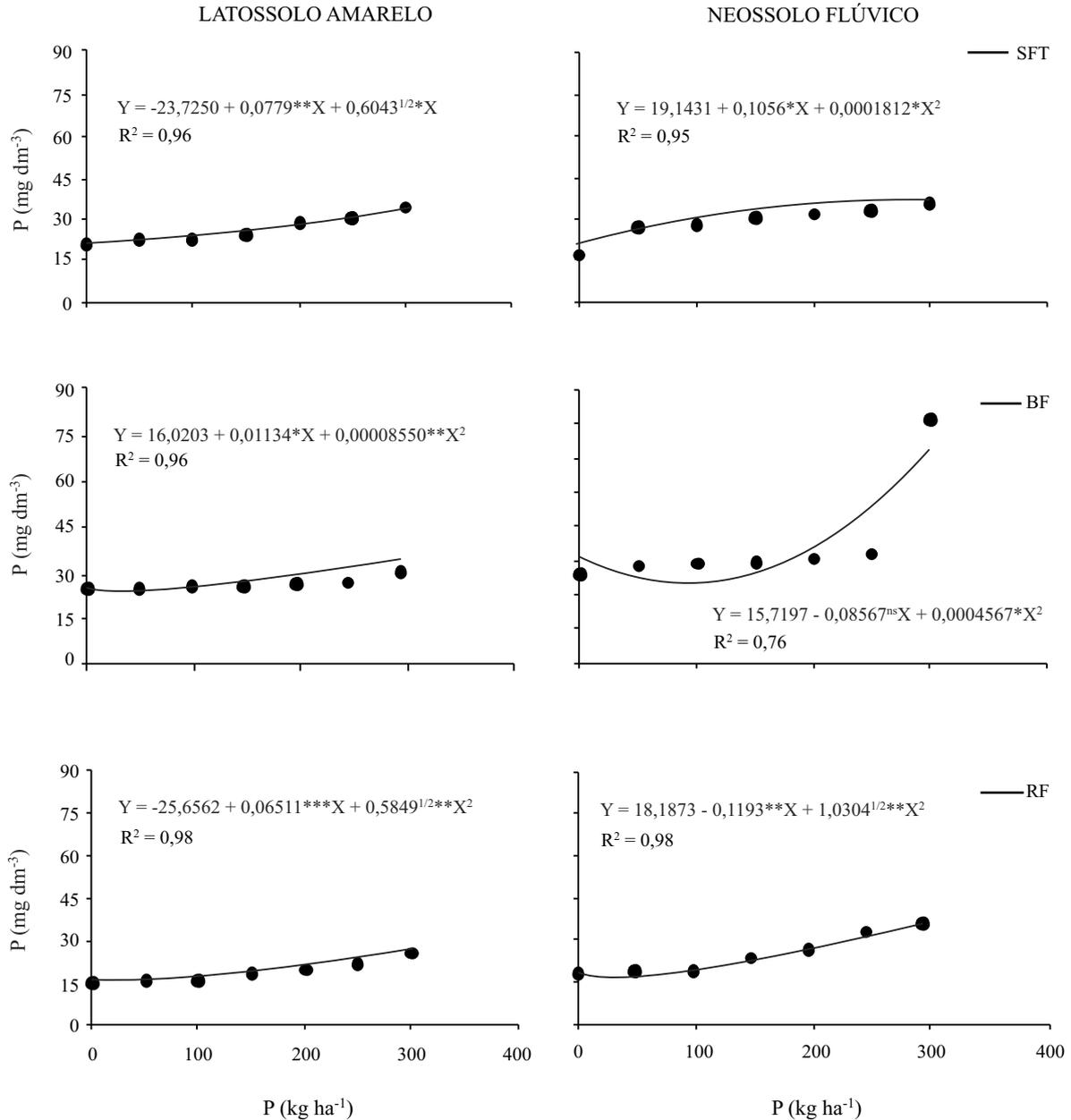
com adição de enxofre, com e sem inoculação com *Acidithiobacillus*, constataram que em solo cultivado com sabiá (*Mimosa cesalpiniifolia*), ocorreu redução no pH com e sem inoculação, embora a maior acidez tenha sido observada quando o enxofre foi inoculado com a bactéria.

Com relação ao Ca disponível, constatou-se que não houve diferença estatística entre as fontes de fósforo aplicadas na disponibilidade de Ca para ambos os solos (TAB. 4). Quanto ao teor de P disponível, verificou-se que o biofertilizante fosfatado e o tratamento com aplicação das rochas fosfatadas apresentaram os teores mais elevados de

P no solo, independentemente do extrator. Houve diferença significativa para o tratamento com aplicação de fertilizantes convencionais (SFT) que apresentaram teores menores de P disponível. Esses resultados evidenciam que fertilizantes mais solúveis tem seu efeito reduzido ao longo do tempo.

Na Figura 3, pode-se ratificar a disponibilidade do P recuperado nos solos estudados por meio de equações ajustadas apenas para o extrator Olsen, devido este ter apresentado melhor correlação com a planta no primeiro

cultivo. Para Alvarez V. et al. (2000), é necessário que os teores de P extraídos do solo correlacionem-se com a absorção desse nutriente pelas plantas para que o extrator seja recomendado. No entanto, nos estados do Nordeste, é mais comum a ocorrência de solos menos ácidos do que nas outras regiões do País, o que favorece a formação de compostos pouco solúveis de fosfato de cálcio (P-Ca) e, conseqüentemente, diminui a aplicabilidade do extrator Mehlich-1 (AMORIM et al., 2008; BOMFIM et al., 2004).



***, **, * e ° -Significativos a 0,1; 1; 5 e 10 %, respectivamente

Figura 3 - P recuperado pelo extrator Olsen em função das doses de fósforo aplicadas para o superfosfato triplo (SFT), biofertilizante fosfatado (BF) e rocha fosfatada (RF) no terceiro cultivo do meloeiro para o Latossolo amarelo e Neossolo flúvico

Assim, vale ressaltar, que para a preparação do biofertilizante é utilizado um mineral com abundância em fosfato de cálcio, a apatita. As equações ajustaram-se melhor com modelos quadráticos em todas as fontes e solos estudados. Em ambos os solos o BF e a RF proporcionaram maiores disponibilidades de P no solo em função das doses aplicadas, com destaque para BF no Neossolo, onde ocorreu maior disponibilidade de P.

De acordo com Nahas (2002) a adição de fertilizantes como o STF, aumenta significativamente o número de bactérias produtoras de fosfatase alcalina em comparação com adição de fosfato natural. No entanto, uma possível explanação para a diferença observada, no presente trabalho, entre o biofertilizante e os fertilizantes convencionais pode ser em função da presença de *Acidithiobacillus* que contribuiu para uma maior solubilidade de fósforo no solo, em função do aumento da acidez como descrito por He et al. (1996).

Santos (2002) e Stamford et al. (2003) observaram efeito positivo do fosfato de Gafsa com adição de S inoculado com *Acidithiobacillus* no acúmulo de P na parte aérea e no teor de P disponível em solo cultivado com sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) e jacatupé (*Pachyrhizus erosus*), respectivamente. Stamford et al. (2004a) verificaram efeito do biofertilizante produzido com rocha fosfatada (fosfato de Irecê) inoculado com *Acidithiobacillus*, no P total acumulado em caupi (*Vigna unguiculata L. Walp*) e no P total no solo, com valores mais elevados do que os obtidos com superfosfato triplo.

É bastante conhecido que no solo, o P encontra-se sujeito a inúmeros processos biogeoquímicos que alteram sua disponibilidade. Entre esses processos, destaca-se a solubilidade de fosfatos por fungos micorrízicos, que disponibilizam nutrientes para as plantas como relatado por Whitelaw (2000). Diversos microrganismos do solo, incluindo bactérias e fungos, possuem capacidade para solubilizar fosfatos por meio de diferentes mecanismos, especialmente pela produção de ácidos (RODRIGUES; FRAGA, 1999; SILVA FILHO; VIDOR, 2000; WHITELAW, 2000). Silva filho e Vidor (2000) estudando a solubilização de fosfatos naturais por microrganismos observaram que a produção de ácidos é um dos mecanismos mais utilizado pelos microrganismos nesta tarefa.

De uma forma geral ficou evidenciada a possibilidade de uso de biofertilizantes produzidos a partir de rochas fosfatadas com adição de S inoculado com *Acidithiobacillus* como alternativa aos fertilizantes convencionais solúveis nos cultivos sucessivos. Todavia, a aplicação desses deve ser realizada com atenção às técnicas científicas, devido ao seu efeito como fertilizante ser diferenciado em solos com características distintas.

Conclusão

Os fertilizantes superfosfato triplo, biofertilizante de rocha fosfatada e rocha fosfatada não apresentaram diferenças significativas na produção de matéria seca, porém o biofertilizante foi o que mais disponibilizou P nos dois solos estudados após três ciclos da mesma cultura, isso evidencia o efeito residual dessa fonte, a qual torna-se uma alternativa para adubação fosfatada.

Referências

- AMORIM L. B. *et al.* Disponibilidade de fósforo em Neossolo Quartzarênico cultivado com melão. **Caatinga**, v. 21, n. 03, p. 141-146, 2008.
- ARAÚJO, F. F. *et al.* Desenvolvimento do milho e fertilidade do solo após aplicação de lodo de curtume e fosforita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 05, p. 507-511, 2008.
- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. Viçosa, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.27-33. 2000 (Boletim Informativo).
- BELFORT, C. C. **Acumulação de matéria seca e recrutamento de nutrientes em melão (*Cucumis melo L. cv. Valenciano Amarelo CAC*) cultivado em Latossolo Vermelho Amarelo em Presidente Venceslau-SP**. 1985, 72 f. Tese (Doutorado em Agronomia, área de Solos e nutrição de plantas) - Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba.
- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, v. 113, p. 73-85, 1974.
- BONFIM, E. M. S. *et al.* Níveis críticos de fósforo para *Brachiaria brizantha* e suas relações com características físicas e químicas em solos de Pernambuco **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28 n. 02, p. 281-288, 2004.
- COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3. ed. Recife: Instituto agrônomo de Pernambuco, 2008. 212 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Comunicação para transferência de tecnologia, 1999. 370 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de Métodos de Análise de solo**. 2. ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.
- GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. Avaliação preliminar de fosfato com acidulação parcial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 75-80, 1986.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal**

2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/>. Acesso em: 13 set. 2009.
- HE, Z. L. *et al.* Factors affecting phosphate rock dissolution in acid soil amended with liming materials and cellulose. **Soil Science Society of America Journal**, v. 60, n. 05, p. 1596-1601, 1996.
- LEÃO, A. B. *et al.* Variabilidade espacial de fósforo em solo do perímetro irrigado Engenheiro Arcoverde, PB. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 38, n. 01, p. 1-6, 2007.
- LIMA, R. A. **Biofertilizantes produzidos com fosfato natural e enxofre inoculado com *Acidithiobacillus* em solo de tabuleiro com baixo P disponível cultivado com cana-de-açúcar.** 2005. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- LIMA, R. C. M. *et al.* Rendimento da alface e atributos químicos de um Latossolo em função da aplicação de biofertilizantes de rochas com fósforo e potássio. **Horticultura Brasileira**, 25 v. 02, p. 224-229, 2007.
- MOURA, P. M. *et al.* Eficiência de biofertilizantes de rochas com *Acidithiobacillus* em melão, no Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 02, n. 01, p. 1-7, 2007.
- NAHAS, E. Microrganismos do solo produtores de fosfatases em diferentes sistemas agrícolas. **Bragantia**, v. 61, n. 03, p. 267-275, 2002.
- NEGREIROS, M. Z. *et al.* Cultivo do melão no pólo Rio Grande do Norte/Ceará. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 03, p. 1-1. 2003.
- RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, v. 17, n. 04/05, p. 319-339, 1999.
- SISTEMA PARA ANÁLISES ESTATÍSTICAS (SAEG). **Sistema para análises estatísticas.** Versão 9.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 2005.
- SANTOS, K. S. **Atuação de fosfato natural com adição de enxofre com *Acidithiobacillus* na solubilização de fósforo e no desenvolvimento de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) em solo de tabuleiro.** 2002. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Solubilização de fosfatos por microrganismos na presença de fontes de carbono. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 24, n. 02, p. 311-329, 2000.
- STAMFORD, N. P. *et al.* Rock biofertilizers with *Acidithiobacillus* on sugarcane yield and nutrient uptake in a Brazilian soil. **Geomicrobiology Journal** v. 23, n. 05, p. 261-265, 2006a.
- STAMFORD, N. P. *et al.* Atuação de *Acidithiobacillus* na solubilização de fosfato natural em solo de tabuleiro cultivado com jacatupé (*Pachyrhizus erosus*). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 28, n. 01, p. 75-83, 2004a.
- STAMFORD, N. P. *et al.* Biofertilizante de rocha com *Acidithiobacillus* em solo de tabuleiro cultivado com caupi. **Revista Analytica**, v. 03, n. 09, p. 48-53, 2004b.
- STAMFORD, N. P. *et al.* Atuação de Biofertilizantes com fosfato natural e *Acidithiobacillus* em solo de tabuleiro com baixo P disponível. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 04, p. 767-773. 2003.
- STAMFORD, N. P. *et al.* Effect of sulphur inoculated with *Acidithiobacillus* in a saline soil grown whit leucena and mimosa tree legumes. **Bioresource Technology**, v. 81, p. 53-59, 2002.
- STAMFORD, N. P. *et al.* Effects of rock phosphate, sulphur with and without *Acidithiobacillus* and organic by-products on mimosa (*Mimosa caesalpinifolia*) grown in a Brazilian tableland soil. **Tropical Grasslands**, v. 39, n. 04, p. 54-61, 2005.
- VILAR, L. D. **Estudo da lixiviação bacteriana de metais presentes em lodo de esgoto sanitário.** 2003. 129 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara.
- WHITELAW, M. A. Growth promotion of plant inoculated with phosphate-solubilizing fungi. **Advances in Agronomy**, v. 69, p. 99-151, 2000.