

## AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA MAMONEIRA EM FUNÇÃO DE DOSES DE CALCÁRIO E FÓSFORO<sup>1</sup>

KLEBER SATURNINO DE SOUZA<sup>2</sup>, FRANCISCO ASSIS DE OLIVEIRA<sup>2</sup>, DOROTEU HONÓRIO GUEDES FILHO<sup>2</sup>, JOSÉ FÉLIX DE BRITO NETO<sup>3\*</sup>

**RESUMO** - Os solos do brejo paraibano, em geral, são ácidos e com baixos níveis de fósforo disponível, limitando seriamente o rendimento das plantas. Foi conduzida uma pesquisa em casa de vegetação, com o objetivo de avaliar doses de calcário e fósforo na cultura da mamona. Os tratamentos foram compostos por cinco níveis de fósforo: 0,0; 80; 160; 240 e 360 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e quatro doses de calcário: 0,0; 2,5; 3,5 e 4,5 t ha<sup>-1</sup> em delineamento experimental de blocos casualizados com esquema fatorial 4 x 3 (quatro níveis de fósforo e três doses de calcário) mais dois tratamentos adicionais zero de fósforo (0,0 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 2,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário) e zero de calcário (240 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário), com três repetições. O calcário reduziu a acidez do solo e não se verificou efeito da aplicação do fósforo (≥ 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na presença da calagem (≥ 2,5 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>) bem com do calcário (≥ 2,5 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>) na presença do fósforo (≥ 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). O fósforo aplicado na ausência do calcário foi mais limitante ao rendimento da cultura do que o calcário na ausência do fósforo.

**Palavras-chave:** Reação do solo. Correção de acidez. Adubação fosfatada.

## EVALUATION OF THE COMPONENTS OF PRODUCTION OF THE RICINUS ACCORDING OF RATES OF CALCAREOUS ROCK AND MATCH

**ABSTRACT** - The soil of the Paraíba, in generality, are acid and with low levels of available match, seriously limiting the income of the plants. A research in vegetation house was lead, with the objective to evaluate doses of calcareous soil and match in the culture of ricinus. The treatments had been composites for five levels of match: 0.0; 80; 160; 240 and 360 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and four dosis of calcareous rock: 0.0; 2.5; 3.5 and 4.5 t ha<sup>-1</sup> in experimental delineation of blocks casualized with 4 factorial project x 3 (four levels of match and three doses of calcareous soil) more two treatments you add zero of match (0.0 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 2.5 t ha<sup>-1</sup> of calcareous soil) and calcareous soil zero (240 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0.0 t ha<sup>-1</sup> of calcareous soil), with three repetitions. The calcareous soil reduced the acidity of the ground and effect of the application of the match (≥ 80 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) in the presence of the collagen (≥ 2.5 t ha<sup>-1</sup> of CaCO<sub>3</sub>) with of the calcareous soil (≥ 2.5 t ha<sup>-1</sup> of CaCO<sub>3</sub>) in the presence of the match was not verified well (≥ 80 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). The match applied in the absence of the calcareous soil was limited to the income of the culture of what the calcareous soil in the absence of the match.

**Keywords:** Reaction of the ground. Correction of acidity. Phosphorus nutrition.

\* Autor para correspondência.

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 21/09/2008; aceito em 10/07/2009.

<sup>2</sup>CCA/UFPB, Campus II, 58397-000, Areia-PB

<sup>3</sup>FCAV/UNESP, Caixa Postal 237, 18610-307, Botucatu-SP; felix@fca.unesp.br

## INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa, pertence à família das euforbiáceas, havendo ainda bastante divergência sobre sua origem, sendo provavelmente originária da África e explorada comercialmente entre as latitudes 40° N e 40° S (ARAÚJO et al., 2000). É classificada como uma planta xerófila, de clima tropical e subtropical, seu cultivo tem sido intensificado até mesmo fora dos trópicos e subtropicais.

Conhecida como carrapateira esta cultura é muito difundida em todo o Brasil. A mamoneira é uma oleaginosa de relevante importância econômica, apresentando inúmeras aplicações na área industrial e com perspectivas de utilização como fonte de energia (AMINA, 1991; MOREIRA et al., 1996). Sendo muito empregada na extração de óleo, para lubrificação de motores e na fabricação de tinta, verniz, plástico, saboaria, perfumaria, entre outros.

O conhecimento da distribuição de chuvas e da duração do período da disponibilidade de água, com relação à fisiologia das culturas e condições de solo, é pré-requisito essencial para o planejamento e produtividade (COSTA, 1986). O excesso ou a deficiência hídrica durante o desenvolvimento dos cultivos agrícolas podem acarretar prejuízos em termos de produtividade, sendo, portanto de grande importância os estudos voltados para a avaliação da influência dos regimes pluviométricos na produção agrícola (AZEVEDO; LIMA, 2001).

Em geral os solos brasileiros, em especial os do nordeste, são ácidos e de baixa fertilidade natural, principalmente em nitrogênio e fósforo o que têm limitado o rendimento das culturas (AZEVEDO et al., 1997). Esta cultura é muito exigente em nutrientes, preferindo solos com boa fertilidade, profundos de textura variável com pH entre 6,0 a 6,8 e topografia plana a suavemente ondulada (AZEVEDO; LIMA, 2001).

A reação do solo é o fator que, em geral, mais afeta a disponibilidade dos nutrientes às plantas. As principais causas do menor desenvolvimento das plantas em solos ácidos são toxidez por  $H^+$  e  $Al^{+3}$ , baixa disponibilidade de nutrientes, baixa eficiência no aproveitamento de fertilizante e baixa atividade biológica (FURTINI NETO et al., 2001). A calagem é uma técnica bastante simples, com a finalidade de corrigir a acidez do solo e beneficiar à agricultura (MALAVOLTA et al., 1997).

O fósforo é um elemento que apresenta baixa mobilidade no solo, no qual se encontra como íons ortofosfatos  $HPO_4^{2-}$  e  $H_2PO_4^-$ , formas derivadas da dissociação do ácido ortofosfórico  $H_3PO_4$  Raij (1991). Lopes (1983) afirma que os solos ácidos, principalmente os com elevados teores de óxidos de ferro e alumínio na fração argila, favorecem a fixação de fósforo.

Este trabalho tem por objetivo gerar informações tecnológicas para o manejo racional da ferti-

lidade do solo, avaliando o efeito da aplicação de calcário e fósforo sobre o desenvolvimento de produção da mamoneira.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação do Departamento de Solos e Engenharia Rural (DSER), do Centro de Ciências Agrárias (CCA) - Campus II da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia, PB. O local do ensaio dista aproximadamente 3 km Norte do ponto das coordenadas geográficas: 6° 58'12" de latitude Sul, 35° 42'15" de longitude a Oeste de Greenwich e 619 metros de altitude acima do nível do mar. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região pertence ao subtipo climático às que corresponde ao clima tropical subúmido (quente úmido, com chuvas de outono-inverno), temperatura média anual oscilando entre 22 e 26°C. A umidade relativa do ar varia entre 75% em novembro e 87% nos meses de junho/julho (GONDIM; FERNANDES, 1980), e a precipitação pluviométrica anual média 1400 mm, sendo que mais de 75% das chuvas estão concentradas nos meses de março e agosto, com um período de menor pluviosimetria que se inicia em setembro prolongando-se até fevereiro.

Como substrato, foi utilizado o material de um Latossolo Vermelho Amarelo da fazenda Chã do Jardim pertencente ao CCA/UFPB. O material do solo foi coletado na camada dos 20 cm da superfície do perfil, trazido para o laboratório, onde foi realizado o destorroamento homogeneizado, colocando para secar ao ar e a sombra, em seguida, passou-se na peneira de malha de 6 mm. Desse material foram feitas as retiradas alíquotas e passadas em peneira de 2 mm de malha (ABNT N° 10), obtendo assim a chamada terra fina seca ao ar (TFSA). Em seguida a TFSA foram encaminhadas para o laboratório do CCA/DSER, onde foram feitos as procedentes análises físicas e químicas do solo.

As análises físicas foram realizadas de acordo com a Embrapa (1997). A granulometria das frações minerais do solo (areia, silte e argila) foram determinadas pelo método do hidrômetro utilizando-se como dispersante o hidróxido de sódio (NaOH 1 N), conforme procedimento metodológico de Bouyoucos. A densidade global ou aparente foram determinadas pelo método do cilindro volumétrico e a densidade de partículas ou real medindo-se o volume deslocado por uma massa de solo conhecido, em recipiente volumétrico, conforme métodos descritos por Blake (1965).

Para determinação da retenção de umidade no solo foram utilizadas as painéis de pressões para uma tensão de 0,033 MPa, e para o ponto de murcha permanente na tensão de 1,5 MPa. A porosidade total foi estimada através da relação entre densidade global e a densidade das partículas, conforme a equação

a seguir:  $Pt = (1 - dg/dr) \times 100$ , onde: Pt = porosidade total, ( $m^3 m^{-3}$ ), dg = densidade global, ( $kg dm^{-3}$ ) e dr = densidade das partículas, ( $kg dm^{-3}$ ).

O grau de flocculação (GF) foi obtido após se determinar os valores de argila total e de argila dispersa em água, através da seguinte expressão:  $GF = (argila\ total - argila\ dispersa\ em\ água) \times 100 / argila\ total$ . O índice de dispersão (ID) que represen-

ta a percentagem de partículas dispersas foi calculado através da expressão: Índice de dispersão ( $ID = 100 - GF$ ). A tabela 1 apresenta algumas informações referentes às características físico-químicas da área, determinados em trabalhos anteriores, onde sugere que a área apresenta acidez elevada e baixo teor de fósforo trocável.

**Tabela 1.** Resultados das análises físico-químicas do solo.

Atributos físicos		Atributos químicos	
Areia ( $g dm^{-3}$ )	506	PH em água (1: 2,5)	4,20
Silte ( $g dm^{-3}$ )	52	CE ( $dS m^{-3}$ )	0,47
Argila ( $g dm^{-3}$ )	442	Ca <sup>+2</sup> ( $cmolc dm^{-3}$ )	0,15
Dens. Aparente ( $kg dm^{-3}$ )	1,11	Mg <sup>+2</sup> ( $cmolc dm^{-3}$ )	0,15
Dens. Real ( $kg dm^{-3}$ )	2,64	Na <sup>+</sup> ( $cmolc dm^{-3}$ )	0,01
Umidade em peso- $g kg^{-1}$		Al <sup>+3</sup> ( $cmolc dm^{-3}$ )	1,20
0,033 MPa	165	(H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup> ) ( $cmolc dm^{-3}$ )	7,34
1,5 MPa	139	K <sup>+</sup> ( $mg dm^{-3}$ )	11,0
Cc ( $g g^{-1}$ )*	0,27	P ( $mg dm^{-3}$ )	1,40
Classif. Textural – solo franco argilo arenoso		M.Org. ( $g dm^{-3}$ )	22,20

\*Cc: capacidade de campo determinado pelo método gravimétrico

As análises químicas do solo foram processadas no Laboratório de Química/Fertilidade do Solo do DSER/CCA/UFPB, segundo metodologia descrita por Vettori, 1969. As análises constarão de pH, condutividade elétrica, teores de cálcio, magnésio, alumínio, fósforo, potássio, sódio e matéria orgânica. O pH foi determinado em água na proporção (1: 2,5), 10 mL de TFSA e 25 mL de água destilada, as leituras foram feitas em potenciômetro com eletrodo de vidro e calomelano. Para cálcio, magnésio e alumínio foram utilizados KCl 1 N como solução extratora e coquetel de buffer (cianeto de potássio e trietionamina e solução tampão pH10). A determinação de Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> foram feitas por titulação com EDTA (sal dissódico) 0,025 N e indicador eriochrome black e para Al<sup>3+</sup>, usa-se o NaOH 0,025 N para titulação usando o azul de bromotimol como indicador.

Na determinação de fósforo e potássio foram utilizadas a solução de Mehlich I (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N + HCl 0,05N) como solução extratora, e o teor de fósforo foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica e o potássio por fotometria de chama. A solução extratora para o sódio no complexo sortivo, foram feito através do HCl 0,05 N, e a determinação feita com fotômetro de chama com filtro específico. A matéria orgânica foi quantificada em 2,5 g de solo, adicionando-se 25 mL da solução sulfocrômica, em seguida agitação por 10 minutos, repouso por 2 horas e adição de 50 mL de água destilada.

Os tratamentos foram feitos e definidos por

cinco níveis de fósforo: 0,0; 80; 160; 240 e 360  $kg ha^{-1}$  de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e quatro dosagens de calcário: 0,0; 2,5; 3,5 e 4,5  $t ha^{-1}$ . Segundo a análise do solo e as exigências da cultura, fora aplicados adubação de manutenção a base de nitrogênio, potássio e boro. Como fontes do nitrogênio, fósforo, potássio e boro foram utilizados sulfato de amônio, superfosfato simples, o cloreto de potássio e boráx, respectivamente.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 3 (quatro níveis de fósforo versus três doses de calcário) + dois tratamentos adicionais zero de fósforo (0,0 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 2,5  $t ha^{-1}$  de calcário) e zero de calcário (240, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0,0  $t ha^{-1}$  de calcário), com três repetições. A unidade experimental foi representada por um vaso plástico com capacidade para 20 L, contendo 15 kg do material de solo, seco ao ar. Para testar o efeito dos tratamentos utilizou-se a mamoneira, cultivar BRS 149-Nordestina, como cultura teste proveniente do programa de oleaginosas e fibrosas da Embrapa/Algodão.

A implantação do ensaio foi prevista para setembro de 2006, de acordo o cronograma de execução do ensaio e a condução foi desenvolvida a partir de setembro de 2006 a janeiro de 2007. As atividades que foram realizadas desde o plantio, irrigação, medidas de altura em centímetros, diâmetro de caule em milímetro, área foliar em centímetros quadrado, evapotranspiração em milímetro matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz.

Foram registrados todos os dados referentes

à fenologia durante as fases fenológicas, diâmetro do caule através do uso de paquímetro, altura de planta com uso de uma trena metálica, área foliar pela relação,  $AF = C \times L \times f$ , onde, AF (área foliar em  $cm^2$ ), C (maior largura da folha), L (comprimento da folha) e f (fator de correção) que foi determinado em 20 folhas, pela relação ( $f = \text{área foliar estimada pelo método das pesagens}/AF$ ). Foram avaliados os resultados de altura de plantas, área foliar, produção de massa seca, teores de P, Ca e Mg nas plantas, determinados segundo Malavolta et al. (1997) e consumo de água pela cultura. A análise de crescimento foi realizada aos 40, 80 e 120 dias após a emergência das plântulas.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo o nível de significância determinado pelo teste “F” e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os tratamentos de fósforo foram submetidos à análise de regressão polinomial, sendo escolhido o modelo de maior grau significativo (PIMENTEL GOMES, 1990).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a incubação do solo com calcário, durante noventa dias, antes do semeio das sementes, o pH do solo revelou valores da reação do solo da ordem de 5,7, 5,8 e 6,1, respectivamente, para os

tratamentos de 2,5, 3,5 e 4,5  $t\ ha^{-1}$  de calcário aplicado ao solo. Considerando-se o pH inicial do solo igual a 4,2, observou-se que houve um acréscimo do pH com aplicação das doses de calcário na ordem de 35,7%, 38,1% e 45,2% respectivamente (Tabela 1). A aplicação do calcário permitiu que a reação solo elevasse o pH inicial do solo para uma faixa ( $>5,2$ ) consideradas adequadas para o cultivo da grande maioria das culturas (MALAVOLTA, 1980).

De acordo com a análise de variância (Tabela 2) é possível afirmar que houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) dos tratamentos sobre os resultados da matéria seca da parte aérea (MSPA), e matéria seca das raízes (MSR) e não se configurou efeito ( $p > 0,05$ ) para altura de plantas (AP), área foliar (AF) e diâmetro caulinar (DC). Em estudos realizados por Severino et al. (2004), verificou-se que a deficiência de Ca e Mg promoveram redução no crescimento da mamoneira.

O calcário isolado causou efeito sobre a MSR, enquanto o fósforo afetou a MSPA e a MSR havendo interação do calcário com o fósforo. Porém, houve efeito ( $p \leq 0,01$ ) do fatorial em relação aos tratamentos das testemunhas para todas as variáveis analisadas. A análise de regressão polinomial identificou efeito linear do fósforo para as variáveis MSPA e MSR.

**Tabela 2.** Análise de variância referente à altura de planta (AP), área foliar (AF), diâmetro caulinar (DC), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR).

Tratamentos	AP (cm)	AF ( $cm^2$ )	DC (mm)	MSPA (g planta <sup>-1</sup> )	MSR	ETc (mm)
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg ha<sup>-1</sup>)</b>						
P1- 080	32,6a	796,3a	11,3a	17,1b	8,9c	744,8a
P2- 160	31,4a	774,9a	12,8a	19,8a	11,6b	752,3a
P3- 240	32,1a	832,8a	12,9a	20,4a	12,4a	789,0a
P4- 320	25,6a	865,9a	12,4a	20,7a	13,7a	793,0a
<b>Calcário (t ha<sup>-1</sup>)</b>						
C1- 2,5	34,0a	834,4a	12,9a	18,7a	10,4 <sup>a</sup>	768,2a
C2- 3,5	32,6a	843,6a	12,6a	20,2a	11,5a	764,5a
C3- 4,5	31,7a	774,58a	11,6a	19,7a	13,2a	750,1a
Fatorial	32,7a	817,5a	12,4a	19,5a	11,7 <sup>a</sup>	747,2a
0,0Co:240P3	21,62b	633,6b	10,6b	11,6b	8,3b	620,2b
2,5C1:0,0 Po	29,6a	712,6a	11,9b	12,4a	8,0b	660,0a
CV%	18,18	22,8	11,2	9,6	14,8	13,2
ms	6,3	135,0	1,5	1,9	1,7	86,5

ns \* e \*\*: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste “F”

Severino et al. (2006) ao avaliar a adubação com macro e micronutrientes na cultura da mamoneira, concluíram que a adubação promoveu aumento de produtividade da cultivar BRS Nordestina, com destaque para a adubação nitrogenada, tendo o teor de óleo sido influenciado positivamente pelo aumento das doses de fósforo. Entretanto, Doneda et al. (2007), não verificaram resposta da adubação fosfa-

tada na cultura da mamona.

Não se verificou efeito significativo para altura das plantas, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (Tabela 3), nem tampouco entre os tratamentos do fatorial. Porém, em média, o fatorial superou de forma significativa ( $p \leq 0,05$ ) a testemunha de calcário em 51% na presença do fósforo (240  $kg\ ha^{-1}$  de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Comparando-se o tratamento testemunha

de fósforo na presença do calcário (2,5 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>) com seu correspondente do fatorial (2,5 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>), observa-se que houve acréscimo na altura das plantas em prol do fatorial da ordem de 15%. Porém comparando-se a testemunha de calcá-

rio (0,0 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>) na presença do fósforo (240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) com seu correspondente do fatorial (240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), observa-se que houve acréscimo em prol do fatorial da ordem de 49% (Tabela 3).

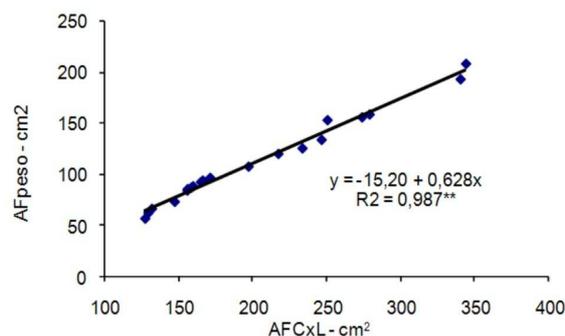
**Tabela 3.** Resultados médios da altura de plantas (AP), área foliar (AF), diâmetro (DC), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio					
		AP	AF	DC	MSPA	MSR	ETc
Bloco	2	40,7 <sup>ns</sup>	2321,3 <sup>ns</sup>	5,0 <sup>ns</sup>	3,9 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	493,3 <sup>ns</sup>
Trat.	3	44,4 <sup>ns</sup>	65789,4 <sup>ns</sup>	2,9 <sup>ns</sup>	29,3 <sup>**</sup>	18,7 <sup>**</sup>	3024,6 <sup>**</sup>
C	2	14,2 <sup>ns</sup>	16836,5 <sup>ns</sup>	5,2 <sup>ns</sup>	6,8 <sup>ns</sup>	24,2 <sup>**</sup>	2898,6 <sup>*</sup>
P	3	20,1 <sup>ns</sup>	14514,3 <sup>ns</sup>	5,0 <sup>ns</sup>	23,1 <sup>**</sup>	36,2 <sup>**</sup>	1219,6 <sup>ns</sup>
C x P	6	22,0 <sup>ns</sup>	31179,2 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	3,6 <sup>ns</sup>	2574,7 <sup>*</sup>
P	1	0,81 <sup>ns</sup>	2607,0 <sup>ns</sup>	7,1 <sup>ns</sup>	31,7 <sup>**</sup>	17,6 <sup>**</sup>	4515,3 <sup>**</sup>
P2	1	52,08 <sup>ns</sup>	5525,5 <sup>ns</sup>	4,6 <sup>ns</sup>	3,4 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	75,5 <sup>ns</sup>
0,0C:240P	1	6,7 <sup>**</sup>	35679,2 <sup>**</sup>	0,04 <sup>**</sup>	14,7 <sup>**</sup>	49,9 <sup>**</sup>	56,5 <sup>**</sup>
2,5C:0,0P	1	23,1 <sup>**</sup>	47395,9 <sup>**</sup>	1,2 <sup>**</sup>	15,3 <sup>**</sup>	55,8 <sup>**</sup>	1893,6 <sup>**</sup>
Resíduo	26	33,36	37169,65	1,88	3,17	2,75	777,80

Os resultados sugerem ainda que, no solo em estudo, dose de fósforo igual ou superiores a 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na presença da calagem (≥ 2,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário) promovem aumentos significativos na altura das plantas. Também é possível afirmar que doses de calcário igual ou superiores a 2,5 t ha<sup>-1</sup> na ausência da aplicação de fósforo não promove aumentos significativos nos resultados da altura das plantas.

A Figura 1, apresenta a correlação entre a área foliar da cultura da mamona determinada pelo método das pesagens (AF<sub>peso</sub>) e área foliar estimada pelo método do comprimento versus maior largura da folha (AF<sub>CxL</sub>), onde se constata que os dados se ajustaram significativamente (p ≤ 0,01) a uma função linear positiva, onde de acordo com o modelo obtido para se corrigir a área foliar da cultura determinada pelo método do comprimento versus maior largura da folha deve-se multiplicar o valor por um fator de correção (f = 0,628), procedimento este que foi adotado no presente trabalho.

Os valores médios da área foliar das plantas da mamona encontram-se na Tabela 3, onde através da comparação entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, foi possível observar que não houve diferença significativa (p > 0,05) entre os tratamentos do fatorial. Porém, a média do fatorial superou significativamente (p ≤ 0,05) a testemunha de calcário na presença de fósforo (240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) em 29% e não houve efeito para a testemunha de fósforo (00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na presença de calcário (2,5 t. ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>).



**Figura 1.** Correlação entre a área foliar da mamona determinada pelo método das pesagens (AF peso) e área foliar estimada pelo método do comprimento versus maior largura da folha (AF comprimento x largura).

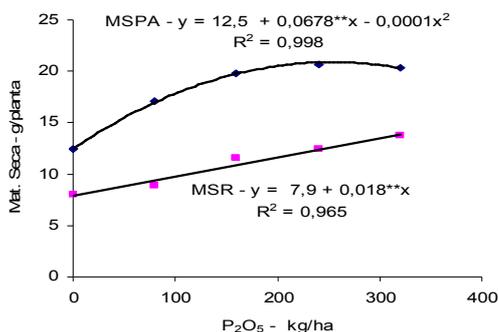
A comparação entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade permitiu afirmar que houve diferença significativa (p ≤ 0,05) entre os tratamentos do fatorial sobre os resultados de produção de matéria seca da parte aérea, sendo o maior resultado (20,7 g planta<sup>-1</sup>) proveniente do tratamento com 320 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, cujo resultado não deferiu dos tratamentos com 240 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, mas superou em 21% o tratamento que recebeu 80 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3).

Os resultados médios do diâmetro caulinar das plantas encontram-se na Tabela 3. A comparação entre as médias pelo teste de Tukey permite afirmar que não houve diferença significativa (p > 0,05) entre os tratamentos de fósforo e de calcário do fatorial. Porém, o fatorial superou significativamente (p ≤ 0,05), em média, as testemunhas em 11% e não houve efeito entre as testemunhas. Ainda de acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, através da comparação entre o tratamento testemunha de calcário na presença de fósforo (240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), com

o seu correspondente do fatorial (240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), constatou-se que houve um ganho no diâmetro caulinar a favor do fatorial em 22%.

Para os tratamentos com calcário não houve efeito para a produção de matéria seca da parte aérea. Porém, o fatorial superou significativamente a matéria seca da parte aérea das testemunhas, em média, em 62%. Idêntico comportamento ocorreu com a matéria seca das raízes, com relação os tratamentos com fósforo do fatorial, mas para o calcário o maior resultado (13,2 g planta<sup>-1</sup>) foi obtido com 4,5 t ha<sup>-1</sup> de CaO<sub>3</sub>, cujo resultado não foi diferente do obtido com 3,5 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> (Tabela 3). Ferreira et al., (2004) verificaram que produção de matéria seca da folha, caule, e frutos foi fortemente afetada pela deficiência de P e K.

Os resultados da produção de matéria seca da mamona submetidos à análise de regressão polinomial se ajustaram de forma significativa (p ≤ 0,01) a uma função do segundo grau para a matéria seca da parte aérea e linear para a matéria seca das raízes em função dos tratamentos com fósforo. De acordo com os modelos obtidos o maior valor de matéria seca (24,0 g planta<sup>-1</sup>) seria atingida, teoricamente, com a aplicação de 340 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 2).



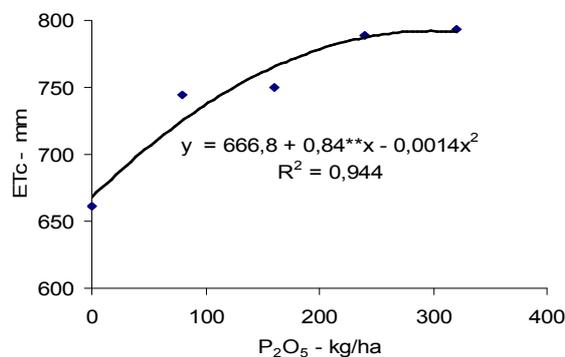
**Figura 2.** Resultados médios da produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) da cultura da mamona em função dos níveis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicados ao solo.

A comparação entre as médias da evapotranspiração da cultura (ETc) da mamona pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, não registrou diferenças significativas (p > 0,05) para esta variável entre os tratamentos do fatorial (Tabela 3). Ainda de acordo com a referida tabela, o consumo de água pelas plantas do fatorial superou de forma significativa (p ≤ 0,05) em 20% o consumo de água das plantas da testemunha de calcário (00 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>) na presença de 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. De acordo com os resultados, fazendo-se uma comparação entre o tratamento (240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na ausência do calcário, com seu correspondente do fatorial, constata-se que 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> do fatorial promoveu incremento no consumo de água pela cultura da ordem de 27%. Porém, houve efeito linear do fósforo dentro da dose de 2,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário (Tabela 2).

A comparação entre as médias da evapotranspiração da cultura (ETc) da mamona pelo teste

de Tukey a 5% de probabilidade, não registrou diferenças significativas (p > 0,05) para esta variável entre os tratamentos do fatorial (Tabela 3). Ainda de acordo com a referida tabela, o consumo de água pelas plantas do fatorial superou de forma significativa (p ≤ 0,05) em 20% o consumo de água das plantas da testemunha de calcário (00 t/ha de CaCO<sub>3</sub>) na presença de 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. De acordo com os resultados, fazendo-se uma comparação entre o tratamento (240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na ausência do calcário, com seu correspondente do fatorial, constata-se que 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> do fatorial promoveu incremento no consumo de água pela cultura da ordem de 27%. Porém, houve efeito linear do fósforo dentro da dose de 2,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário (Tabela 2).

A análise de regressão polinomial registrou efeito significativo (p ≤ 0,01) dos tratamentos de fósforo na presença de 2,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário sobre os resultados da evapotranspiração da cultura (ETc) para a função do segundo grau. De acordo com o modelo obtido o máximo consumo de água (793 mm) pelas plantas, teoricamente, seria obtido com aplicação ao solo de 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 2). De acordo com o coeficiente de determinação obtido, os resultados do consumo de água pelas planta são explicados em 94% pela presença dos tratamentos de fósforo.



**Figura 3.** Resultados médios da evapotranspiração (ETc) da cultura do girassol em função dos níveis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicados ao solo.

## CONCLUSÕES

O calcário reduz sensivelmente a acidez do solo e não há resposta da aplicação do fósforo na presença da calagem e nem do calcário na presença do fósforo sobre os resultados das variáveis avaliadas;

O fósforo aplicado na ausência do calcário é mais limitante ao rendimento da cultura do que o calcário na ausência do fósforo.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A.E.E.; AMORIM NETO, M.S.; BEL-

TRÃO, N.E.M. Municípios aptos e época de plantio para o cultivo da mamoneira no Estado da Paraíba. **Revista Oleaginosas e Fibrosas**, v.4, n.2, p.103-110, 2000.

AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. O agronegócio da mamona no Brasil. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA. 2001. 350p.

AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S. Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no Brasil. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1997. 62p. (Circular Técnica, 25).

COSTA, J.M.N. Zoneamento agropecuário e planejamento agrícola. **Informe Agropecuário**, v.12, n.138, p.14-14. 1986.

FURTINI, A.E. et al. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA, 2001. 252p.

LOPES, A. S (trad). **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2 ed. Piracicaba: Potafos, 1998. 177p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, C.G.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

MOREIRA, J.A.N. et al. **Melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1996. 29p. (Documentos, 44)

RAIJ, B. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres, Potafos. 1991. 343p.

SEVERINO, L.S. et al. **Crescimento e produtividade da mamoneira sob fertilização química em região semi-árida**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 20p. (Boletim de Pesquisa e