

## DESEMPENHO AGRONÔMICO DO SORGO GRANÍFERO ADUBADO COM NITROGÊNIO E FÓSFORO NO SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE<sup>1</sup>

RODRIGO GOMES PEREIRA<sup>2\*</sup>, GERONIMO FERREIRA DA SILVA<sup>3</sup>, FÁBIO HENRIQUE TAVARES DE OLIVEIRA<sup>3</sup>, TALITA BARBOSA ABREU DIÓGENES<sup>3</sup>, PRISCILLA VANÚBIA QUEIROZ DE MEDEIROS<sup>3</sup>

**RESUMO** - Este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho agronômico do sorgo granífero em função de doses de N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, bem como a análise econômica no município de Mossoró-RN. Os tratamentos estudados foram resultantes da combinação entre quatro doses de N (30, 60, 90, e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e de quatro doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (30, 60, 90, e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e um tratamento controle. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições em esquema fatorial. As características avaliadas foram: altura de plantas, diâmetro do colmo, comprimento de panícula, diâmetro de panícula, matéria seca, produtividade de grãos, teor de nitrogênio e fósforo na folha, teor de nitrogênio, fósforo no solo, receita bruta, gastos com fertilizantes e receita líquida. O aumento da disponibilidade de nitrogênio e de fósforo no solo influenciam todas as variáveis estudadas, exceto, o teor de nitrogênio no solo. Embora a maior produção de grãos tenha sido estimada para a aplicação de 87,62 kg ha<sup>-1</sup> de N + 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, as doses de máxima eficiência econômica e ambiental recomendadas foram 60 kg ha<sup>-1</sup> de N + 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Palavras-Chave:** *Sorghum bicolor*. Produção de grãos. Fertilidade do solo. Análise econômica.

## PERFORMANCE AGRONOMIC SORGHUM FERTILIZED WITH NITROGEN AND PHOSPHORUS IN SEMIARID RIO GRANDE DO NORTE

**ABSTRACT** - This study aimed to evaluate the performance agronomic of grain sorghum as a function of N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, as well as the economic analysis in the municipality of Mossoró-RN. The treatments consisted of the combination of four N rates (30, 60, 90 and 120 kg ha<sup>-1</sup>) and four doses of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (30, 60, 90 and 120 kg ha<sup>-1</sup>) and a control treatment. The experimental design was a randomized complete block with four replications in a factorial design. The characteristics evaluated were: plant height, stem diameter, panicle length, panicle diameter, dry matter, grain yield, nitrogen and phosphorus content in leaf, nitrogen content, phosphorus in the soil, gross receipts, expenditures on fertilizer and net income. The increased availability of nitrogen and phosphorus in the soil influenced the variables studied, except the nitrogen content in soil. While most production grain has been estimated for the application of 87.62 kg ha<sup>-1</sup> N + 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, the maximum dose recommended environmental and economic efficiency were 60 kg N ha<sup>-1</sup> + 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>.

**Keywords** - *Sorghum bicolor*; Grain Production, Soil Fertility, Economic Analysis

\*Autor para correspondência.

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 26/04/2012; aceito em 25/03/2014.

Trabalho de Tese de conclusão do curso de doutorado em Fitotecnia do primeiro autor.

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco - campus Garanhuns - PE, rgpereira2005@hotmail.com.

<sup>3</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Mossoró-RN, agrogefe@bol.com.br, fhtoliveira@hotmail.com, tba-bre@yaho.com.br, pris\_medeiros85@hotmail.com.

## INTRODUÇÃO

O Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma cultura de importância mundial sendo capaz de produzir em uma ampla gama de condições ambientais, esta cultura é de enorme utilidade em regiões muito quentes e muito secas, onde culturas como o milho, não atingem o máximo em produtividade de grãos ou de forragem (MOLINA et al., 2000; ANDRADE NETO et al., 2010).

No Brasil a região Nordeste possui uma ampla área com potencial para a exploração desta cultura, a qual apresentou incremento de 77,7% entre os anos de 1998 -2008 (CONAB, 2010). Ainda assim, segundo IBGE (2010), a região Nordeste é a penúltima região em volume de produção de grãos. Em relação à safra 2009 a produção brasileira de grãos de sorgo apresentou incremento de 19,3%, contanto a região Nordeste apresentou redução de 6,3% na área de plantio e 24,3% em volume de produção.

Segundo o mesmo autor, enquanto a produção nacional de milho participa com 37,4% do volume de produção, os grãos de sorgo, participam com somente 1% deste volume e produtividade média de 2.335 kg ha<sup>-1</sup> enquanto a produtividade média do milho é 4331 kg ha<sup>-1</sup>. A região Nordeste participa com 7,9% da produção nacional de produção de cereais, leguminosas e oleaginosas, enquanto, o Estado do Rio Grande do Norte não participa se quer, com 1% deste volume de produção. Dentre os principais fatores responsáveis pela baixa produtividade nas áreas destinadas à produção dessas plantas destacam-se as precipitações irregulares, a fertilidade do solo e as baixas aplicações de fertilizantes (AGUIAR et al., 2007). A interação entre N e P na nutrição de algumas culturas é conhecida há muito tempo pela literatura. Bull (1993) relata alguns casos mostrando o efeito da interação entre estes elementos. O maior

efeito dessa interação é o do aumento da absorção de P quando este nutriente é aplicado juntamente com fontes de nitrogênio amoniacais (HANWAY; OLSON, 1980). Segundo Khamprath (1987), a adição de fertilizantes nitrogenados promove o aumento da absorção de P, mesmo em solos com níveis elevados de fósforo, nos quais a adição do último tem pouco efeito. Alves et al. (1999), observam que, a separação parcial do N e do P pode resultar em menor acúmulo dos mesmos na parte aérea.

Diante do exposto, este trabalho objetiva avaliar o desempenho Agronômico do sorgo granífero sob doses de nitrogênio e fósforo, bem como a análise econômica no município de Mossoró-RN.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2010, na Fazenda Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). A altitude do local do experimento é 72 m, o clima, de acordo com a classificação de Koepen, é do tipo BSwH, clima seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono (fevereiro - abril). A região apresenta precipitação média anual de 695,8,5 mm, temperatura média anual em torno de 27,4°C e umidade relativa média anual de 70% e vegetação predominante Caatinga Hiperxerófila (CPRM, 2005).

O solo onde as parcelas experimentais foram instaladas foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, Eutrófico, textura franco-arenosa e relevo plano (EMBRAPA, 2009). As características químicas e físicas do solo determinadas analiticamente encontram-se dispostos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas e físicas do solo da área experimental, avaliadas na camada de 0-20 cm

pH	M.O	Ntotal	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al)	Areia	Silte	Argila
H <sub>2</sub> O	%	g dm <sup>-3</sup>	----- mg dm <sup>-3</sup> -----	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			----- dg kg <sup>-1</sup> -----					
5,5	0,29	0,23	6,2	64,6	18,8	1,2	1,3	0,05	0,33	80,56	5,43	14,01

pH:(Solo:Água 1:2,5); M.O: Dicromato de potássio; N:digestão sulfúrica/Kjeldahl; P, K, Na: Extrator Mehlich 1; Al, Ca, Mg: Extrator kcl 1,0 mol L<sup>-1</sup>; H+Al: Extrator Acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>; SB=Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup>+K<sup>+</sup>+Na<sup>+</sup>; CTC= SB+H<sup>+</sup>+Al<sup>+3</sup>; V%: SB/CTC\*100; m%: Al<sup>3+</sup>/(CTC-H<sup>+</sup>)\*100; Textura: Método da pipeta

O sistema de preparo do solo realizado foi o convencional, caracterizado por uma aração e duas gradagens niveladoras. A semeadura do sorgo foi realizada no dia 01/07/2010, distribuindo as sementes de sorgo manualmente no sulco de plantio. O cultivar utilizado foi o híbrido simples de sorgo granífero BR304, o qual, apresentando ciclo de 145 dias, hábito de crescimento ereto, porte baixo, produtividade de grãos entre 4 e 6 t ha<sup>-1</sup>, pertencente a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). O experimento contou com o auxílio de um sistema de irrigação localizada por gotejamento, com espaça-

mento de 0,30 m entre emissores e vazão 2,3 l/h. A lâmina suplementar de irrigação foi obtida pelo balanço hídrico, considerando-se a precipitação e a evapotranspiração da cultura (ETc).

O experimento obedeceu ao esquema de blocos casualizados com quatro repetições, totalizando de 68 parcelas. Cada parcela foi constituída por quatro linhas de 6 m de comprimento espaçadas a 0,7 m entre si, contendo 72 plantas em cada linha. Sendo a área útil da parcela, as duas linhas centrais, descartando-se 0,5 m em cada extremidade.

Os tratamentos consistiram na combinação

em esquema fatorial de quatro doses de N (30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) com quatro doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), mais um tratamento com ausência de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Testemunha), resultando em 17 tratamentos. As doses de N foram parceladas, aplicando-se 20 % da dose de N no plantio e o restante aos 30 e 60 dias após a emergência das plantas. Os tratamentos receberam ainda doses de potássio, boro, zinco e cobre em fundação (50, 1,0, 1,0 e 0,5 kg ha<sup>-1</sup>).

Os fertilizantes utilizados para fornecer N e K<sub>2</sub>O foram uréia/Sulfato de amônio (fundação/cobertura) e cloreto de potássio, respectivamente, e para o fornecimento de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foi utilizado o superfosfato triplo. As fontes de K, B, Zn e Cu utilizadas foram o cloreto de potássio, bórax, sulfato de zinco e sulfato de cobre, respectivamente.

Durante o desenvolvimento da cultura foram efetuadas duas aplicações do inseticida Lambda-cyhalothrin (50 g l<sup>-1</sup>) na dose de 150 mL ha<sup>-1</sup> aos 10 e 35 dias após a emergência do sorgo, para o controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* [J. E. SMITH, 1797]). O controle de plantas daninhas foi realizado preventivamente por meio da aplicação do herbicida Atrazina (500 g l<sup>-1</sup>) na dose de 4,5 L ha<sup>-1</sup>, aplicado em pré-emergência das plantas daninhas.

Aos 45 dias após a emergência foram coletadas amostras compostas de solo na profundidade de 0 a 20 cm, na área útil de cada parcela, para determinação dos teores de N total (TEDESCO et al., 1995), e P disponível pelo extrator Mehlich<sup>1</sup> (EMBRAPA, 1997). Para composição de uma amostra composta, foram coletadas 12 amostras simples nas duas fileiras centrais de cada parcela, sendo, duas amostras simples no sulco de plantio, quatro amostras simples a 10 cm do sulco e seis amostras simples no ponto médio entre os sulcos, de acordo com recomendação de Oliveira et al. (2007).

No início do florescimento do sorgo, coletou-se a quarta folha com a bainha visível a partir do ápice de 20 plantas por parcela para realização da diagnose foliar (MALAVOLTA et al., 1997). Todas as análises químicas de solo foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA). As análises de planta foram realizadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da Universidade Federal de Viçosa - (UFV).

As variáveis analisadas foram: altura de plantas; diâmetro do colmo; comprimento de panícula; diâmetro de panícula; matéria seca; massa de 100 grãos; produtividade de grãos; teor de nitrogênio e fósforo na folha, teor de nitrogênio e fósforo no solo.

As variáveis, altura de plantas e comprimento de panícula foram determinadas durante o estágio de grãos leitosos, a altura de plantas foi determinada medindo-se ao acaso com o auxílio de uma trena graduada em centímetros em 10 plantas por parcela. Para determinação do diâmetro do colmo (terço basal da planta) e diâmetro de panícula (parte central da panícula) utilizou-se um paquímetro graduado em

milímetros. Para a determinação da matéria seca, foram coletadas plantas em quatro metros lineares, quando os grãos se encontravam no estágio farináceo mole. A fitomassa vegetal coletada foi pesada, subamostrada e seca em estufa a 65°C até peso constante, determinando-se a seguir a produção de fitomassa seca.

Para determinação da massa de 100 grãos, fez-se a contagem ao acaso de quatro repetições, que tiveram suas massas determinadas e ajustadas para 13% de umidade. Para a estimativa da produtividade foram mensurados os grãos contidos na área útil de cada parcela 7,0 m<sup>2</sup> (1,4 x 5 m) mediante pesagem, e expressa em toneladas por hectare, ajustadas para 13% de teor de umidade.

De posse dos valores de produção de grãos estimados pelo modelo de regressão, foi realizada a análise econômica do experimento onde foram calculados, receita bruta, gastos com fertilizantes e receita líquida. A receita bruta foi calculada considerando a produção estimada pelo modelo de regressão ajustado e o preço do sorgo, que foi considerado 20% inferior a cotação do milho (COELHO et al., 2002). No comércio local, um saco de milho com 60 kg de milho custa R\$ 30,00, com isso o valor mínimo estipulado para o sorgo foi da ordem de R\$ 24,00.

Para calcular os gastos com fertilizantes, foi utilizado o custo dos fertilizantes utilizados, tendo um saco de 50 kg de superfosfato triplo o custo de R\$ 53,00, o de uréia R\$ 60,00 e o sulfato de amônio R\$ 38,80. Para calcular o custo da adubação nitrogenada, considerou-se que 20% da dose de N foi aplicada via uréia e 80% via sulfato de amônio. Com base nessas informações e nos valores das doses de N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas, calculou-se o custo da adubação. A receita líquida foi calculada através da diferença entre a receita bruta e os gastos com fertilizantes.

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão linear múltipla (superfície de resposta). As médias de cada tratamento foram ajustadas por um modelo de regressão linear múltipla considerando-se as doses de N e de P como variáveis independentes:  $Y = a + bN + cN^2 + dP + eP^2 + fNP$ . Onde Y é a variável dependente, N as doses de Nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>) e P as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg ha<sup>-1</sup>).

Após o ajuste deste modelo completo, foram descartados os coeficientes com significância superior a 10%, ajustando-se um novo modelo mais simples apenas com os parâmetros com contribuição significativa para o modelo. Estas análises foram efetuadas com o software SAEG®. Após escolha do modelo, os valores de significância foram corrigidos pelo programa Fcalcw32® for Windows e foram desenhadas superfícies de resposta para cada característica avaliada, utilizando-se o programa Sigma-Plot® 10.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos na presente pesquisa, não houve interação significativa entre as doses de N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> utilizadas, deste modo, ajustaram-se modelos de regressão linear múltipla a todas as variáveis analisadas. As variáveis altura de plantas, diâmetro do colmo e comprimento de panícula apresentaram efeito significativo pelo teste F (P < 0,01). A variável altura de plantas variou de 1,08 m (testemunha) a 1,35 m, na combinação entre as doses (90 kg ha<sup>-1</sup> de N + 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). O modelo da equação de regressão que melhor se ajustou às doses de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas, foi o quadrático, dessa maneira a produção máxima estimada foi obtida nas doses de 91,81 kg ha<sup>-1</sup> de N e 95,97 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tabela 3, Figura 1a).

A variável diâmetro do colmo, variou de

13,83 mm (Testemunha) a 19,03 mm (120 kg ha<sup>-1</sup> de N + 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), de acordo com a Tabela 3, Figura 1b, as doses de N se ajustaram ao modelo linear apresentando pequena magnitude, o que comprova, que o maior valor obtido para esta variável foi obtido com a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N. As doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> apresentaram efeito quadrático, desta maneira a dose estimada para obtenção do máximo diâmetro do colmo com a dose de 96,03 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Fonseca et al. (2008), avaliando o mesmo cultivar em solução nutritiva apresentaram na solução completa, valores de 113,1 cm para altura de plantas, com um incremento de 122 e 50 % em relação aos tratamentos com omissão de N e P respectivamente. Para a variável diâmetro do colmo apresentaram valores da ordem de 15,31 mm com incrementos de 284 e 126 % em relação aos tratamentos com omissão de N e P.

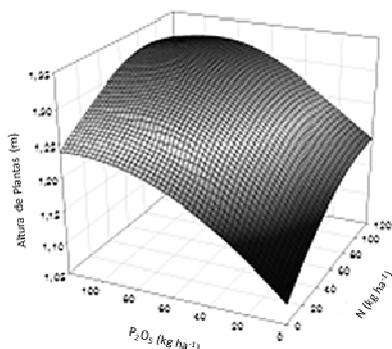
**Tabela 3.** Altura de plantas, diâmetro do colmo e comprimento de panícula, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas no solo

Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )					Média
	0	30	60	90	120	
----- Altura de Plantas (m) -----						
0	1,08	-	-	-	-	-
30	-	1,21	1,25	1,26	1,28	<b>1,25</b>
60	-	1,28	1,28	1,30	1,33	<b>1,30</b>
90	-	1,29	1,30	1,35	1,29	<b>1,31</b>
120	-	1,29	1,32	1,33	1,29	<b>1,31</b>
<b>Média</b>	-	<b>1,27</b>	<b>1,28</b>	<b>1,31</b>	<b>1,29</b>	<b>1,29</b>
<b>ANAVA<sup>(1)</sup>:</b>	CV(%):	3,9			Ftrat:	6,12**
<b>Regressão:</b>	Y=1,08179+0,002122**N-0,00001155*N <sup>2</sup> +0,003151**P-0,0000164**P <sup>2</sup>					
----- Diâmetro do Colmo (mm) -----						
0	13,83	-	-	-	-	-
30	-	16,32	17,05	17,42	16,76	<b>16,89</b>
60	-	17,40	18,75	17,47	18,15	<b>17,94</b>
90	-	17,58	17,36	17,79	18,34	<b>17,77</b>
120	-	17,96	17,22	18,52	19,03	<b>18,18</b>
<b>Média</b>	-	<b>17,32</b>	<b>17,59</b>	<b>17,80</b>	<b>18,07</b>	<b>17,69</b>
<b>ANAVA<sup>(1)</sup>:</b>	CV(%):	6,4			Ftrat:	4,43**
<b>Regressão:</b>	Y=14,2960+0,0101728**N+0,0653886**P-0,000340439**P <sup>2</sup>					
----- Comprimento de Panícula (cm) -----						
0	21,98	-	-	-	-	-
30	-	24,05	25,55	26,18	25,55	<b>25,33</b>
60	-	27,00	26,38	26,38	26,23	<b>26,49</b>
90	-	26,33	26,48	26,70	27,05	<b>26,64</b>
120	-	26,25	26,30	27,48	27,25	<b>26,82</b>
<b>Média</b>	-	<b>25,91</b>	<b>26,18</b>	<b>26,68</b>	<b>26,52</b>	<b>26,32</b>
<b>ANAVA<sup>(1)</sup>:</b>	CV(%):	5,2			Ftrat:	3,69**
<b>Regressão:</b>	Y=22,6115+0,0615865**N-0,0003408**N <sup>2</sup> +0,0180064**P					

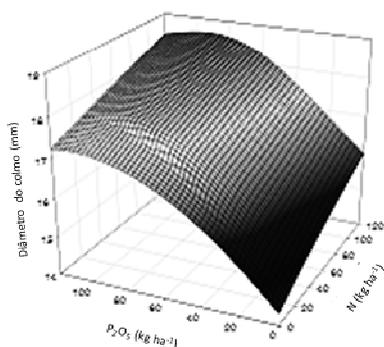
<sup>(1)</sup>Análise de variância considerando o delineamento em blocos ao acaso, com 16 graus de liberdade para tratamentos e 48 graus de liberdade para o resíduo.

\*\* : significativo a 1% \* : significativo a 5% ns : não significativo

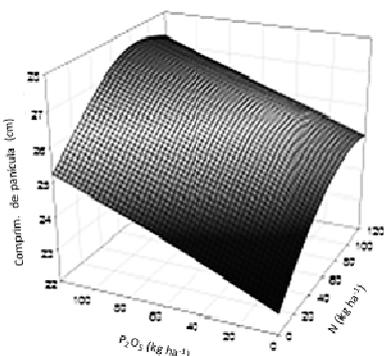
a)  $Y=1,0817+0,00212^{**}N-0,000011^{*}N^2+0,00315^{**}P-0,0000164^{**}P^2$   $R^2=0,91$



b)  $Y=14,2960+0,0101728^{**}N+0,0653886^{**}P-0,000340439^{**}P^2$   $R^2=0,80$



c)  $Y=22,611+0,061586^{**}N-0,00034081^{**}N^2+0,018006^{**}P$   $R^2=0,79$



**Figura 1.** Superfície de resposta para altura de plantas (a), diâmetro do colmo (b) e comprimento de panícula (c), em função de doses de nitrogênio (N) e de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aplicadas no solo.

Para o comprimento de panícula as doses de N se ajustaram ao modelo quadrático. Contudo o mai-

or comprimento de panícula foi obtido com a combinação das doses de 90,35 kg ha<sup>-1</sup> de N e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a pequena magnitude desse efeito sugere que a dose econômica deve ser bem menor que 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Essa diferença na magnitude dos efeitos das doses de N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pode ser observada tanto pela superfície de resposta quanto pelos valores dos parâmetros das equações de regressão ajustadas (Tabela 3, Figura 1c). Dan et al. (2010), avaliando cultivares de sorgo granífero e Santos et al. (2009) avaliando o efeito da aplicação de Cu e Zn nos atributos de crescimento e na produção da cultura do sorgo obtiveram resultados similares aos do presente estudo.

Na tabela 4, encontram-se dispostos os resultados referentes às variáveis; diâmetro de panícula, matéria seca e massa de 100 grãos. De acordo com os resultados obtidos podemos afirmar que, o diâmetro de panícula e a produção de matéria seca apresentaram efeito significativo (p < 0,01) para as doses de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas no solo.

Para o diâmetro de panícula o modelo da equação de regressão que melhor se ajustou as doses de N aplicados foi o quadrático, de modo que, a dose estimada para obtenção do máximo diâmetro de panícula foi 90,35 kg ha<sup>-1</sup> de N. As doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> estudadas apresentaram efeito positivo e linear. Tendo a combinação das menores doses (30 kg ha<sup>-1</sup> de N + 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) apresentado um acréscimo de aproximadamente 47,61% em relação à testemunha, esse resultado indica que a área experimental apresenta baixa disponibilidade dos nutrientes estudados e, que mesmo aplicando-se pequenas doses obtêm-se respostas de grande magnitude (Tabela 4, Figura 2a). Santos et al. (2009), avaliando o efeito da aplicação de Cu e Zn nos atributos de crescimento e na produção da cultura do sorgo e aplicando doses equivalente a 600 kg ha<sup>-1</sup> de N e 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> apresentaram valores de diâmetro de panícula superior aos da presente pesquisa.

A produção de matéria seca apresentou efeito positivo e linear para as doses de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> estudadas, dessa maneira, podemos inferir que as doses estudadas não foram suficientes para atingir a máxima produção. A magnitude dos efeitos das doses de N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> utilizadas podem ser observadas na Tabela 4 e Figura 2b. De acordo com a mesma tabela, podemos observar que houve efeito significativo (p < 0,05) para a variável massa de 100 grãos, porém nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados obtidos. Contudo pode-se observar que o tratamento com ausência de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, apresentou média superior a média dos tratamentos, evidenciando que esta variável não responde as variações de N e no P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solo.

Cruz et al. (2009) e Leite (2006), apresentaram efeito linear para a produção de matéria seca do sorgo em função de doses de fósforo. Cecato et al. (2004), afirmam que a deficiência de fósforo reduz a taxa de crescimento e o estabelecimento das plantas forrageiras limitando seu potencial produtivo.

Khalili et al. (2008), avaliando estresse hídrico e adubação fosfatada na cultura do sorgo, obtiveram valores superiores para as variáveis matéria seca e proporcionalmente peso de 100 grãos. Sumeria et

al. (2002), avaliando genótipos de sorgo submetidos a níveis de fertilização fosfatada obteve resposta linear para as variáveis peso de 1000 grãos, produção de forragem e produtividade de grãos.

**Tabela 4.** Diâmetro de panícula, matéria seca e massa de 100 grãos, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas no solo.

Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )					Média
	0	30	60	90	120	
----- Diâmetro de Panícula (mm) -----						
0	21,00	-	-	-	-	-
30	-	31,00	35,90	34,40	34,20	<b>33,90</b>
60	-	36,20	36,40	36,80	37,70	<b>36,80</b>
90	-	34,90	37,30	40,80	38,80	<b>37,90</b>
120	-	35,00	37,10	40,60	42,80	<b>38,90</b>
<b>Média</b>	-	<b>34,30</b>	<b>36,70</b>	<b>38,10</b>	<b>38,40</b>	<b>36,90</b>
<b>ANAVA<sup>(1)</sup>:</b>	CV(%):	10,1			Ftrat:	6,86**
<b>Regressão:</b>	Y=22,7513+0,233907**N-0,001202**N <sup>2</sup> +0,06099**P					
----- Matéria Seca (kg ha <sup>-1</sup> ) -----						
0	3.166	-	-	-	-	-
30	-	4.690	5.356	5.690	6.517	<b>5.563</b>
60	-	5.452	6.576	6.581	7.489	<b>6.524</b>
90	-	5.626	6.797	7.390	7.529	<b>6.835</b>
120	-	6.397	7.231	7.865	7.569	<b>7.266</b>
<b>Média</b>	-	<b>5.541</b>	<b>6.490</b>	<b>6.882</b>	<b>7.276</b>	<b>6.547</b>
<b>ANAVA<sup>(1)</sup>:</b>	CV(%):	12,1			Ftrat:	10,4**
<b>Regressão:</b>	Y=3537,96+20,2027**N+19,6100**P					
----- Massa de 100 grãos (g) -----						
0	2,08	-	-	-	-	-
30	-	1,98	2,01	1,97	1,90	<b>1,96</b>
60	-	1,98	2,07	2,07	1,95	<b>2,02</b>
90	-	2,01	1,97	1,92	1,97	<b>1,97</b>
120	-	2,04	2,07	2,03	2,15	<b>2,07</b>
<b>Média</b>	-	<b>2,00</b>	<b>2,03</b>	<b>2,00</b>	<b>1,99</b>	<b>2,00</b>
<b>ANAVA<sup>(1)</sup>:</b>	CV(%):	4,8			Ftrat:	1,72*
<b>Regressão:</b>	Nenhum modelo se ajustou aos dados					

<sup>(1)</sup>Análise de variância considerando o delineamento em blocos ao acaso, com 16 graus de liberdade paratratamentos e 48 graus de liberdade para o resíduo.

\*\* : significativo a 1%; \* : significativo a 5%; <sup>0</sup> : significativo a 10%; <sup>ns</sup> : não significativo.

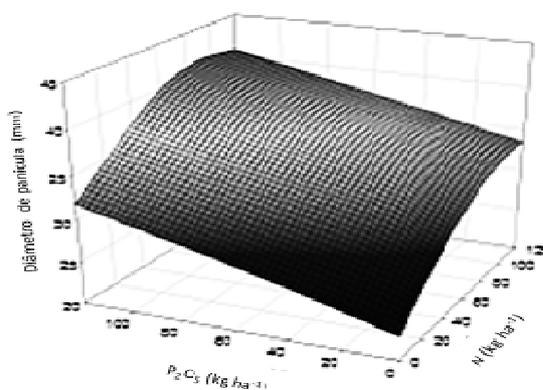
De acordo com a análise de regressão obtida a partir dos valores da variável produtividade de grãos (Tabela 5, Figura 3a), pode-se observar efeito significativo para os tratamentos empregados (p < 0,01). Deste modo, a produtividade de grãos teve incremento de 84,19% quando comparado à testemunha com a média geral dos tratamentos. O modelo da equação de regressão que melhor se ajustou as doses de N foi o quadrático (p < 0,01) apresentando a produtividade máxima estimada com a dose de 87,62 kg ha<sup>-1</sup> de N. Para as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foi ajustado o modelo linear (p < 0,01), inferindo que as doses utilizadas não foram suficientes para a obtenção da máxima produtividade.

Segundo Kill (2005), a aplicação de fósforo propiciou aumento de 24% na produção de sorgo. Cruz et al. (2009), apresentaram efeito linear para as doses de P utilizadas sobre a produtividade de grãos de dois híbridos de sorgo. Khalili et al. (2008), obteve produtividade da ordem de 5,8 ton ha<sup>-1</sup> no trata-

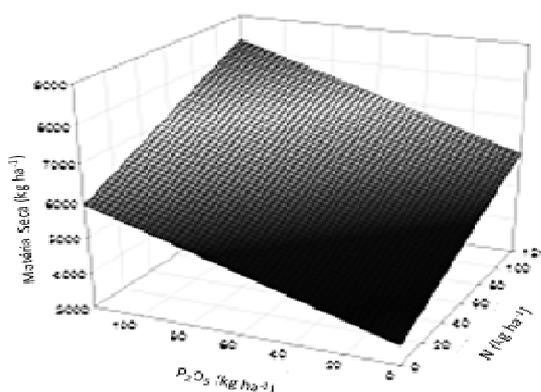
mento sem estresse hídrico utilizando as doses de 45 kg ha<sup>-1</sup> de N e 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Khan et al. (2005), avaliando dois cultivares de milho submetidos à diferentes doses de fósforo em condições salinas, obteve a dose de 75 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, como a dose de máxima eficiência física.

De acordo com a Tabela 5, o teor de nitrogênio na folha apresentou efeito significativo (p < 0,01), porém nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados. De acordo com a tabela 5, o teor de nitrogênio na folha variou de 14,60 g kg<sup>-1</sup> (30 kg ha<sup>-1</sup> de N + 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) a 22,91 g kg<sup>-1</sup> (120 kg ha<sup>-1</sup> de N + 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), indicando que os teores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> não influenciaram no teor de N na Planta. Verifica-se ainda, que, o tratamento dose zero (testemunha) apresentou média superior ao tratamento com a combinação das menores doses aplicadas (30 kg ha<sup>-1</sup> de N + 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). De acordo com Rosa et al. (2009), Maia et al. (2005), Silva e Bohnen et al. (2003) esse fato pode ser justificado pelo efeito diluição do nutriente em função do cresci-

$$a) Y=22,7513+0,2339^{**}N-0,001202^{**}N^2+0,06099^{**}P \quad R^2 = 0,88$$



$$b) Y=3537,96+20,2027^{**}N+19,6100^{**}P \quad R^2 = 0,93$$



**Figura 2.** Superfície de resposta para o diâmetro de panícula (a) e matéria seca (b), em função de doses de nitrogênio (N) e de fósforo ( $P_2O_5$ ) aplicadas no solo.

mento da planta. Dessa forma, pode-se considerar que o nível crítico de N na folha diagnóstica do sorgo para este experimento será considerada a média geral dos tratamentos, que foi  $18,75 \text{ g kg}^{-1}$ .

Babiker et al. (1999), sugerem como ideal, o teor foliar de N da ordem de  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$ , Martinez et al. (1999), adotam como ideal a faixa de suficiência entre,  $23,1-29,0 \text{ g kg}^{-1}$ , indicando que o presente experimento apresentou teores abaixo do considerado adequado pela literatura ou que, os níveis críticos indicados pela literatura não sejam adequados para usar como referência para a cultura do sorgo no semiárido brasileiro.

Para o teor de fósforo na folha observa-se efeito significativo para os tratamentos estudados ( $p < 0,01$ ), contudo não houve efeito de doses de N nos teores de P na folha. A equação de regressão ajustada seguiu o modelo quadrático ( $p < 0,01$ ), apresentando a máxima produção estimada na dose de  $77,62 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. As doses de  $P_2O_5$  aplicadas no solo se ajustaram ao modelo linear ( $p < 0,01$ ) de modo que o maior teor de P na folha foi obtido na dose de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$

de  $P_2O_5$  (Tabela 5, Figura 3b). Contudo, o nível crítico de P na folha diagnóstica do sorgo para este experimento é  $2,00 \text{ g kg}^{-1}$ . Fonseca et al. (2008), avaliando o mesmo cultivar em solução nutritiva apresentaram teor de fósforo foliar da ordem de  $4,0 \text{ g kg}^{-1}$ . Martinez et al. (1999), adota como ideal o teor de,  $4,4 \text{ g kg}^{-1}$ , indicando que os níveis críticos consultados como padrão, foram estabelecidos em outras regiões e talvez não se adequem a região de Mossoró.

Na tabela 6, encontram-se dispostos os resultados do teor de nitrogênio no solo e teor de fósforo no solo. De acordo com a mesma, o teor de nitrogênio não apresentou efeito significativo para os tratamentos estudados e nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados observados. Silva (2010), avaliando doses de N e  $P_2O_5$  na cultura da mamoneira observou aumento do teor de N no solo em função do aumento das doses aplicadas no solo, apresentando valor médio da mesma ordem do apresentado na presente pesquisa.

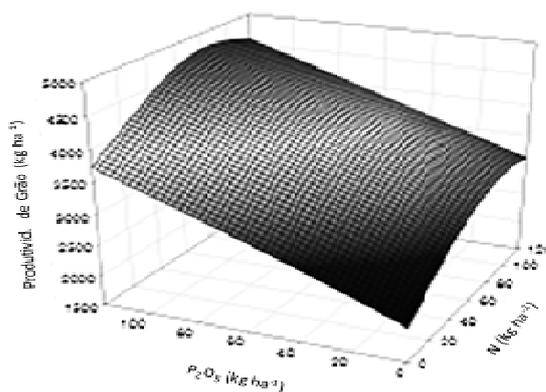
**Tabela 5.** Produtividade de grãos, teor de nitrogênio na folha e teor de fósforo na folha, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas no solo.

Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )					Média	
	0	30	60	90	120		
----- Produtividade de Grãos (kg ha <sup>-1</sup> ) -----							
0	2170	-	-	-	-	-	
30	-	3103	3643	3202	3585	<b>3383</b>	
60	-	3458	4333	3637	4210	<b>3910</b>	
90	-	3537	4548	4125	4245	<b>4113</b>	
120	-	3710	5762	4196	4655	<b>4581</b>	
<b>Média</b>	-	<b>3452</b>	<b>4571</b>	<b>3790</b>	<b>4174</b>	<b>3997</b>	
<b>ANAVA</b> <sup>(1)</sup> :	CV(%):	14,2				Ftrat:	7,98**
<b>Regressão:</b>	Y=2050,11+28,5687**N-0,163024**N <sup>2</sup> +12,1578**P						
----- Teor de Nitrogênio na Folha (g kg <sup>-1</sup> ) -----							
0	15,30	-	-	-	-	-	
30	-	14,60	17,62	21,74	22,91	<b>19,22</b>	
60	-	17,95	16,82	22,59	19,94	<b>19,32</b>	
90	-	17,76	17,07	19,67	16,01	<b>17,63</b>	
120	-	18,18	21,73	19,91	15,44	<b>18,82</b>	
<b>Média</b>	-	<b>17,12</b>	<b>18,31</b>	<b>20,97</b>	<b>18,58</b>	<b>18,75</b>	
<b>ANAVA</b> <sup>(1)</sup> :	CV(%):	10,8				Ftrat:	6,81**
<b>Regressão:</b>	Nenhum modelo se ajustou aos dados						
----- Teor de Fósforo na Folha (g kg <sup>-1</sup> ) -----							
0	0,98	-	-	-	-	-	
30	-	1,54	1,73	1,58	1,65	<b>1,63</b>	
60	-	1,61	1,95	1,93	1,79	<b>1,82</b>	
90	-	1,64	1,91	1,86	1,65	<b>1,76</b>	
120	-	1,85	1,99	1,85	1,80	<b>1,87</b>	
<b>Média</b>	-	<b>1,66</b>	<b>1,90</b>	<b>1,80</b>	<b>1,72</b>	<b>1,77</b>	
<b>ANAVA</b> <sup>(1)</sup> :	CV:	10,5				Ftrat:	6,92**
<b>Regressão:</b>	Y=1,03958+0,0169701**N-0,000109316**N <sup>2</sup> +0,00255710**P						

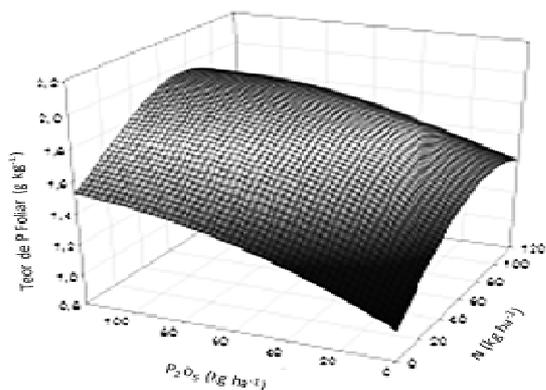
<sup>(1)</sup>Análise de variância considerando o delineamento em blocos ao acaso, com 16 graus de liberdade paratratamentos e 48 graus de liberdade para o resíduo.

\*\* : significativo a 1% \* : significativo a 5% ns : não significativo.

a)  $Y=2050,11+28,5687**N-0,163024**N^2+12,1578**P$   $R^2=0,71$



b)  $Y=1,03958+0,0169701**N-0,000109316**N^2+0,00255710**P$   $R^2=0,86$



**Figura 3.** Superfície de resposta para a produtividade de grãos (a) e teor de fósforo na folha (b), em função de doses de nitrogênio (N) e de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aplicadas no solo.

**Tabela 6.** Teor de nitrogênio no solo e teor de fósforo no solo, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas no solo.

Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )					Média
	0	30	60	90	120	
----- Teor de Nitrogênio no Solo (g kg <sup>-1</sup> ) -----						
0	0,39	-	-	-	-	-
30	-	0,44	0,56	0,53	0,42	<b>0,49</b>
60	-	0,45	0,44	0,49	0,46	<b>0,46</b>
90	-	0,44	0,49	0,49	0,49	<b>0,48</b>
120	-	0,49	0,51	0,54	0,46	<b>0,50</b>
<b>Média</b>	-	<b>0,46</b>	<b>0,50</b>	<b>0,51</b>	<b>0,46</b>	<b>0,48</b>
<b>ANAVA<sup>(1)</sup>:</b>	CV:	20,2			Ftrat:	0,90 <sup>ns</sup>
<b>Regressão:</b>	Nenhum modelo se ajustou aos dados					
----- Teor de Fósforo no Solo (mg dm <sup>-3</sup> ) -----						
0	3,56	-	-	-	-	-
30	-	5,89	7,43	8,16	3,91	<b>6,35</b>
60	-	9,71	6,10	8,08	5,99	<b>7,47</b>
90	-	4,95	7,90	7,22	6,29	<b>6,59</b>
120	-	4,81	7,28	3,59	6,36	<b>5,51</b>
<b>Média</b>	-	<b>6,34</b>	<b>7,18</b>	<b>6,76</b>	<b>5,64</b>	<b>6,48</b>
<b>ANAVA<sup>(1)</sup>:</b>	CV:	43,4			Ftrat:	1,63 <sup>0</sup>
<b>Regressão:</b>	Nenhum modelo se ajustou aos dados					

<sup>(1)</sup>Análise de variância considerando o delineamento em blocos ao acaso, com 16 graus de liberdade paratratamentos e 48 graus de liberdade para o resíduo. <sup>0</sup>: significativo a 10% <sup>ns</sup>: não significativo.

Para o teor de fósforo no solo houve efeito significativo para as doses de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> estudadas (p < 0,10). Apesar de ter-se observado um incremento de 82,02% quando comparado o tratamento testemunha com a média geral dos tratamentos, o comportamento dos dados não seguiu um comportamento padrão, desta maneira nenhuma equação de regressão se ajustou aos dados. Deste modo, os níveis críticos de N e P no solo para este experimento serão considerados as respectivas médias dos tratamentos sendo 0,48 g kg<sup>-1</sup> o nível crítico de N no solo e 6,48 mg dm<sup>-3</sup> o nível crítico de P no solo.

Silva (2010), avaliando doses de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na cultura da mamoneira apresentou resultados similares ao da presente pesquisa. Levando-se em consideração o teor de argila, o Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, assim como, Alvarez, et al. (1999), classifica os teores de fósforo no solo obtidos neste experimento, como muito baixo.

Na tabela 7, encontram-se dispostos os valores de produtividade de grãos estimada pelo modelo de regressão (Figura 3a), receita bruta, gastos com fertilizantes nitrogenados e fosfatados e receita líquida em função de doses N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas ao solo. De acordo com os resultados obtidos, a maior receita líquida estimada foi de R\$ 1333,83, a qual corresponde a uma produtividade de 4636,28 kg ha<sup>-1</sup>

(produção de máxima eficiência econômica), a qual se torna possível com a aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N + 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Dose de máxima eficiência econômica), a qual será necessário um investimento de R\$ 520,68 com fertilizantes nitrogenados e fosfatados.

Buah e Mwinkaara (2009), avaliando doses de nitrogênio e densidade de plantas na cultura do sorgo, obteve a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N como a dose de máxima eficiência econômica, obtendo ainda uma receita líquida de US\$ 659,67 ha<sup>-1</sup>, representando um incremento de aproximadamente 28% em relação ao tratamento controle.

Babiker et al. (1999), avaliando a resposta do sorgo em Vertissolo à aplicação de nitrogênio e fósforo, obteve dose de máxima eficiência econômica da ordem de 85 e 95 kg ha<sup>-1</sup> de N respectivamente. Os mesmos autores não observaram resposta significativa para as doses de P aplicadas e atribuíram a isso ao fato, do solo apresentar valores para esse elemento dentro da faixa de suficiência. Akram et al. (2007), observou melhor rendimento econômico da cultura do sorgo com a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N + 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Ashiono et al. (2005), avaliando resposta do sorgo a adubação nitrogenada e fosfatada, aponta como ótimas, as dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N e 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Tabela 7.** Produção de grãos de Sorgo Granífero, receita bruta, gastos com fertilizantes nitrogenados e fosfatados e receita líquida em função de doses N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas no solo.

Dose de N	Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Produtividade Grãos	Recita Bruta	Gasto com Fertilizantes	Receita Líquida
kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	R\$	R\$	R\$
0	0	2050,11	820,04	0,00	820,04
30	30	3125,18	1250,07	184,74	1065,33
30	60	3489,92	1395,97	260,34	1135,63
30	90	3854,65	1541,86	335,94	1205,92
30	120	4219,39	1687,75	411,54	1276,21
60	30	3542,08	1416,83	293,88	1122,95
60	60	3906,81	1562,73	369,48	1193,25
60	90	4271,55	1708,62	445,08	1263,54
60	120	4636,28	1854,51	520,68	1333,83
65	120	4677,24	1870,89	538,87	1332,02
68	120	4697,89	1879,16	549,78	1329,37
73	120	4725,81	1890,32	567,97	1322,35
75	120	4734,69	1893,88	575,25	1318,63
80	120	4751,19	1900,48	593,44	1307,04
82	120	4755,51	1902,20	600,72	1301,49
85	120	4759,54	1903,81	611,63	1292,18
87,62	120	4760,66	1904,26	621,16	1283,10
89	120	4760,35	1904,14	626,18	1277,96
90	30	3665,53	1466,21	403,02	1063,19
90	60	4030,27	1612,11	478,62	1133,49
90	90	4395,00	1758,00	554,22	1203,78
90	120	4759,73	1903,89	629,82	1274,07
120	30	3495,54	1398,22	512,16	886,06
120	60	3860,28	1544,11	587,76	956,35
120	90	4225,01	1690,00	663,36	1026,64
120	120	4589,74	1835,90	738,96	1096,94

Para produtividades acima de 4,0 ton ha<sup>-1</sup> de grãos de sorgo, as principais tabelas de recomendação de adubação em uso no país recomendam: (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS) de 50 à 60 kg ha<sup>-1</sup> de N e 30 à 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. (RECOMENDAÇÕES DE CORRETIVOS EFERTILIZANTES PARA GOIÁS) de 50 à 70 kg ha<sup>-1</sup> de N e 40 à 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. (INDICAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DE MILHO E DE SORGO NO RIO GRANDE DO SUL) de 35 à 75 kg ha<sup>-1</sup> de N e 0 à 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Deste modo as tabelas de recomendação de fertilizantes nitrogenados e fosfatados utilizadas no país, recomendam doses semelhantes às obtidas no presente trabalho.

## CONCLUSÕES

O aumento da disponibilidade de nitrogênio e de fósforo no solo influenciam todas as variáveis estudadas, exceto, o teor de nitrogênio no solo.

Os níveis críticos de N e P no solo para este experimento são respectivamente, 0,48 g kg<sup>-1</sup> o nível crítico de N no solo e 6,48 mg dm<sup>-3</sup> o nível crítico de P no solo.

Para este experimento as doses de máxima eficiência física estimada foram 87,62 kg ha<sup>-1</sup> de N e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, contudo, as doses de máxima eficiência econômica e ambiental recomendadas foram 60 kg ha<sup>-1</sup> de N + 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

## REFERÊNCIAS

- AKRAM, A. et al. Growth, yield and nutrients uptake of sorghum in response to integrated phosphorus and potassium management. **Pakistan Journal of Botany**, v. 39, n. 4, p. 1083-1087, 2007.
- ALVAREZ, V. et al. Interpretação dos resultados das análises dos solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG/UFV, 1999. 259 p.
- ALVES, V. M. C. et al. Acúmulo de nitrogênio e fósforo em plantas de milho afetadas pelo suprimento parcial de fósforo às raízes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 5, n. 2, p. 299-305, 1999.
- ANDRADE NETO, R. C. et al. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 124-130, 2010.
- ASHIONO, G. B. et al. Effect of nitrogen and phosphorus application on growth and yield of dual-purpose sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench), E1291, in the dry highlands of Kenya. **Asian Journal of Plant Sciences**. v. 4, n. 4, p. 379-382, 2005.
- BABIKER, E. A.; SALIH, A. A.; MOHAMED, B. A. Response of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to NP fertilizers and cropping sequences on irrigated vertisols of the rahad scheme. **Sudan Journal of Agricultural Research**. v. 2, p. 135-146, 1999.
- BUAH, S. S. J.; MWINKAARA. S. Response of sorghum to nitrogen fertilizer and plant density in the guinea savanna zone. **Juornal of Agronomy**. v. 8, n. 4, p. 124-130, 2009.
- BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Eds). **Cultura do milho: Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1993. p. 143-165.
- CECATO, U. et al. Influencia das adubações nitrogenadas e fosfatada sobre a produção e característica da rebrota do capim-marandu (*Brachiária Brizantha* Hochst Stapf cv Marandu). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 399-407, 2004.
- COELHO, A. M. et al. Seja o doutor do seu sorgo. **Arquivo do Agrônomo**, Piracicaba, n. 14, p. 1-12, 2002.
- Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás (CFSGO). **Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás: 5ª Aproximação**. Goiânia: UFG/EMGOPA, 1988. 101 p. (Convênio. Informativo Técnico, 1).
- Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG). RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. 259 p.
- Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Produção agropecuária**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/SorgoSerieHistxls>>. Acesso em: 09 jun. 2010.
- Serviço Geológico do Brasil (CPRM). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 11 p.
- CRUZ, S. J. S. et al. Adubação fosfatada para a cultura do sorgo granífero. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 91-97, 2004.
- DAN, H. A. et al. Desempenho de plantas sorgo granífero sob condições de sombreamento. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 675-679, 2010.
- Centro Nacional de Pesquisa de Solos (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa SPI, 2009. 412 p.
- Centro Nacional de Pesquisa de Solos (EMBRAPA). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.
- FONSECA, I. M. et al. Crescimento e nutrição do sorgo (cv. BRS 304) em solução nutritiva. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 113-124, 2008.
- HANWAY, J. L.; OLSON, R. A. Phosphate nutrition of corn, sorghum, soybeans and small grains. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E. C.; KAMPRATH, E. J., (eds). **The role of phosphorus in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1980. p. 681-692.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Levantamento sistemático da produção agrícola**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 11, p.1-80, 2010.
- Rodrigues, L. R. et al. (Org.). **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande**

- do Sul – Safras 2009/2010 e 2010/2011. Veranópolis: FEPAGRO-Serra, 2009. 179 p.
- KAMPRATH, E. J. Enhanced phosphorus status of maize resulting from nitrogen fertilization of high phosphorus soil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 52, p. 522-526, 1987.
- KHALILI, A.; AKBARI, N.; CHAICHI, M. R. Limited irrigation and phosphorus fertilizer effects on yield and yield components of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.var. *Kimia*). **American-Eurasian Journal Agricultural & Environmental Science**. v. 3, n. 5, p. 697-702, 2008.
- KHAN, M. A. et al. Effect of phosphorous levels on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) cultivars under saline conditions. **International Journal of Agriculture & Biology**. v. 7, n. 3, p. 511-514, 2005.
- KILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. **Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semi-árido brasileiro**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 340p.
- LEITE, M. L. V. **Crescimento vegetativo do sorgo sudão (*Sorghum sundanense* (Piper) stapf) em função da disponibilidade de água no solo e fontes de fósforo**. 2006. 82 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.
- MAIA, C. E. et al. Teores foliares de nutrientes em meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, (Suplemento) p. 292-295, 2005.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G. de.; SOUZA, R. B. de. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.) **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5 Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 143-168.
- OLIVEIRA, F. H. T. et al. Amostragem para avaliação da fertilidade do solo em função do instrumento de coleta das amostras e de tipos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 31, p. 973-983, 2007.
- ROSA, C. M. et al. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 959-967, 2009.
- SANTOS, C. H. et al. Cu e Zn na cultura do sorgo cultivado em três classes de solos. I. crescimento vegetativo e produção. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 125-130, 2009.
- SILVA, L. S. da; BOHNEN, H. Produtividade e absorção de nutrientes pelo arroz cultivado em solução nutritiva com diferentes níveis de silício e cálcio. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 49-52, 2003.
- SILVA, A. R. da C. **Adubação nitrogenada e fosfatada da cultura da mamoneira no município de Mossoró-RN**. 2010. 45 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2010.
- Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo regional Sul. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. 2004. 400 p.
- SUMERIA, H. K.; MALI, A. L.; DADHEECH, R. C. Effect of phosphorus fertilization on yield attributes and yield of sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) genotypes. **Indian Journal of Agricultural Research**. v. 36, n. 4, p. 293 - 295, 2002.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).