

RODRIGO GOMES PEREIRA

**PRODUÇÃO DE SORGO GRANÍFERO ADUBADO COM
NITROGÊNIO E FÓSFORO NA CHAPADA DO APODI-RN**

**MOSSORÓ-RN
2011**

RODRIGO GOMES PEREIRA

**PRODUÇÃO DE SORGO GRANÍFERO ADUBADO COM
NITROGÊNIO E FÓSFORO NA CHAPADA DO APODI-RN**

Tese apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido Ufersa,
para obtenção do grau de Doutor em
Agronomia: Fitotecnia.

ORIENTADOR: D.Sc. FÁBIO HENRIQUE TAVARES DE OLIVEIRA
CO-ORIENTADOR: Ph.D. FRANCISCO BEZERRA NETO

**MOSSORÓ-RN
2011**

**Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e catalogação
da Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFERSA**

P324v Pereira, Rodrigo Gomes.

Produção de Sorgo Granífero Adubado com Nitrogênio e Fósforo na Chapada do Apodi-RN / Rodrigo Gomes Pereira. -- Mossoró, 2011.
81f.

Tese (Doutorado em Fitotecnia. Área de concentração: Agricultura Tropical) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Graduação.

Orientador: Prof. D.Sc. Fábio Henrique Tavares de Oliveira

Co-orientador: Prof. Ph.D. Francisco Bezerra Neto.

1. *Sorghum bicolor*. 2. Nordeste Brasileiro. 3. Produção de Grãos. 4. Fertilidade do Solo. I. Título.

CDD: 635.04

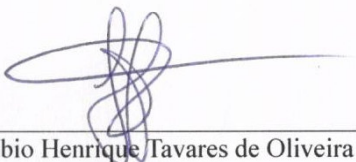
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB/ 15 120

RODRIGO GOMES PEREIRA

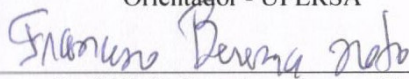
**PRODUÇÃO DE SORGO GRANÍFERO ADUBADO COM
NITROGÊNIO E FÓSFORO NA CHAPADA DO APODI-RN**

Tese apresentada à Universidade Federal
Rural do Semi-Árido (UFERSA), para
obtenção do grau de Doutor em
Agronomia: Fitotecnia.

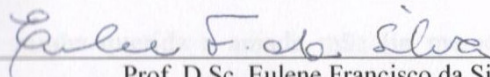
APROVADA EM: 11/10/2011



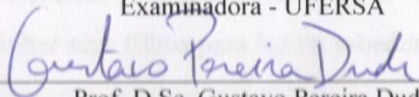
Prof. DSc. Fábio Henrique Tavares de Oliveira
Orientador - UFERSA



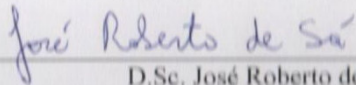
Prof. Ph.D. Francisco Bezerra Neto
Co-orientador - UFERSA



Prof. D.Sc. Eulene Francisco da Silva
Examinadora - UFERSA



Prof. D.Sc. Gustavo Pereira Duda
Examinador - UFRPE/UAG



D.Sc. José Roberto de Sá
Examinador - Bolsista PNP/UFERSA

À minha querida e amada mãe (in memóriam), **Maria Betânia Gomes Arcanjo Pereira**, pela sabedoria da luz divina que lhe foi dada para orientar e encaminhar seus filhos para luz da sabedoria humana.

OFEREÇO

Ao meu pai, Pedro Pereira Neto, em especial, minha esposa, Priscilla Vanúbia Queiroz de Medeiros e Meu filho, Rodrigo de Medeiros Arcanjo Pereira. A todos que depositaram confiança em mim e aos que colaboraram para o sucesso deste trabalho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir à realização de mais um sonho.

Aos meus pais por dedicarem suas vidas a realização dos meus sonhos.

À **Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia**, pela estrutura física e pelo corpo docente que me permitiu adquirir ensinamentos perpétuos.

Ao Prof. Dr. **Fabio Henrique Tavares de Oliveira**, por ter acreditado e vislumbrado em mim um potencial que, ao longo dos anos, como professor e orientador, tanto têm incentivado para que eu pudesse conseguir alcançar meus objetivos pessoais.

Aos Colegas Engenheiros Agrônomos **Gerônimo Ferreira da Silva; Talita Barbosa Abreu; Maria Regilene de Freitas Costa Paiva, Marcírio de Lemos, Fábio Martins de Queiroga, Júnior Novo, Sheila, Grazinanny Andrade Leite, José Antônio da Silva Madalena, Jorge Luiz Xavier, Django de Jesus, Rychardson Rocha de Araújo, João Paulo Bezerra Saraiva**, camaradas, companheiros de estudo e que tanto auxiliaram na execução dos trabalhos e projeto.

Enfim, a todos os professores, funcionários e colegas que estiveram envolvidos em meu processo de aprendizagem.

BIOGRAFIA

RODRIGO GOMES PEREIRA, Filho de Maria Betânia Gomes Arcanjo Pereira e de Pedro Pereira Neto, nasceu na cidade de Maceió, em 22 de março de 1983.

No ano 2001, ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Em 2002, iniciou as atividades de pesquisa ao fazer parte do grupo de pesquisa do departamento de Solos Engenharia e Economia Rural. Em 2005, concluiu o terceiro grau, sendo diplomado em Engenharia Agrônômica.

Em 2006, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal, pela mesma Instituição, concentrando seus estudos na área de Manejo do solos e produção de grãos. Submeteu à defesa da dissertação em março de 2008.

No mesmo ano foi professor substituto da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica Serra Talhada, atuando na área Mecanização Agrícola. Atuou como professor no Centro Tecnológico do Pajeú (Serra Talhada-PE), ministrando disciplinas na área de Manejo do solo e Mecanização Agrícola no curso de Técnico em Agricultura. Ingressou no programa de Pós-Graduação em Fitotecnia na Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Em 2010, foi aprovado em primeiro lugar no concurso para professor assistente da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica Garanhuns, onde atua como Professor Assistente, nível I.

Em outubro de 2011, submeteu à defesa da Tese com o propósito de obter o grau de Doutor.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
RESUMO GERAL.....	XII
GENERAL ABSTRACT	XIV
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. REFERÊNCIAS.....	10
CAPÍTULO I	
PRODUÇÃO DE SORGO GRANÍFERO ADUBADO COM NITROGÊNIO E FÓSFORO NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN . 15	
RESUMO	15
ABSTRACT	16
INTRODUÇÃO.....	17
MATERIAL E MÉTODOS	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS	39
CAPÍTULO II	
PRODUÇÃO DE SORGO GRANÍFERO ADUBADO COM NITROGÊNIO E FÓSFORO NO MUNICÍPIO DE BARAÚNA-RN.. 44	
RESUMO	44
ABSTRACT	45
INTRODUÇÃO.....	46
MATERIAL E MÉTODOS	47
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
CONCLUSÃO.....	67
REFERÊNCIAS	68
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
ANEXOS	75

LISTA DE TABELAS

	Página
REVISÃO DE LITERATURA	
Tabela 1 - Extração média de nutrientes pela cultura do sorgo em diferentes níveis de produtividades	8
Tabela 2 - Valores de referência dos teores foliares de nutrientes considerados adequados para a cultura do sorgo.....	8
CAPÍTULO I	
Tabela 1 - Características químicas e físicas do solo da área experimental, avaliadas na camada de 0-20 cm	19
Tabela 2 - Doses de nutrientes aplicadas em cada tratamento para avaliação do rendimento do sorgo granífero	21
Tabela 3 - Altura de plantas, diâmetro do colmo e comprimento de panícula, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas no solo	26
Tabela 4 - Diâmetro de panícula, matéria seca e massa de 100 grãos, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas no solo	29
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.....	32
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.....	35
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 ₂ O ₅ aplicadas no solo	37
CAPÍTULO II	
Tabela 1 - Características químicas e físicas do solo da área experimental, avaliadas na camada de 0-20 cm	48
Tabela 2 - Doses de nutrientes aplicadas em cada tratamento para avaliação do rendimento do sorgo granífero	49
Tabela 3 - Altura de plantas, diâmetro do colmo e comprimento de panícula, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas no solo	54
Tabela 4 - Diâmetro de panícula, matéria seca e massa de 100 grãos, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas no solo	58

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.....	61
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.....	64
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 ₂ O ₅ aplicadas no solo	66

LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO I	
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_2O_5) aplicadas no solo	27
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	30
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_2O_5) aplicadas no solo.....	33
CAPÍTULO II	
Figura 1 - Superfície de resposta para o comprimento de panícula, em função de doses de nitrogênio (N) e de fósforo (P_2O_5) aplicadas no solo ...	55
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	59
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_2O_5) aplicadas no solo.....	62
Figura 4 - Superfície de resposta para o teor de fósforo no solo, em função de doses de nitrogênio (N) e de fósforo (P_2O_5) aplicadas no solo.....	65

RESUMO GERAL

PEREIRA, R.G. Universidade Federal Rural do Semi-árido, outubro de 2011. **Produção do Sorgo Granífero Adubado com Nitrogênio e Fósforo na Chapada do Apodi-RN.** Orientador: Prof. D.Sc. Fábio Henrique Tavares de Oliveira. Co-orientador: Prof. Ph.D. Francisco Bezerra Neto.

Com este trabalho, objetiva-se elaborar a primeira tabela para interpretação de análise de P no solo, bem como a interpretação dos teores de N e de P na planta para a cultura do sorgo granífero no Agropolo Mossoró-Assu. A fim de se estudar os dois solos de maior importância agrícola para a região e cumprir os objetivos propostos, este projeto de pesquisa foi subdividido em dois subprojetos: (1) Subprojeto Mossoró e (2) Subprojeto Baraúna. O experimento de campo do Subprojeto Mossoró foi realizado em um Latossolo derivado de sedimentos do grupo barreiras localizado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à UFERSA e localizada no município de Mossoró-RN, e o Subprojeto Baraúna foi realizado em um Cambissolo derivado de calcário localizado numa propriedade particular distante 5 km do centro do município. Os tratamentos estudados foram resultantes da combinação entre quatro doses de N (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) e quatro doses de P₂O₅ (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹), e um tratamento controle, totalizando 17 tratamentos. O delineamento experimental será o de blocos casualizados com quatro repetições em esquema fatorial, totalizando 68 parcelas. O cultivar utilizado foi o híbrido simples BR304, 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 nitrogenados e fosfatados e receita líquida. Os resultados obtidos no Subprojeto Mossoró (1) indicam que 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, $0,48 \text{ g kg}^{-1}$ o nível crítico de N no solo e $6,48 \text{ mg dm}^{-3}$ o nível crítico de P no solo. Embora a máxima produção de grãos tenha sido estimada para a aplicação de $87,62 \text{ kg ha}^{-1}$ de N + 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 , as doses de máxima eficiência econômica e ambiental recomendadas são, 60 kg ha^{-1} de N e 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 . No Subprojeto Baraúna (2), o aumento da disponibilidade de nitrogênio e de fósforo no solo influenciam; o comprimento de panícula, diâmetro de panículo, matéria seca, produtividade de grãos, teor de nitrogênio e fósforo na planta. Os níveis críticos de N e P no solo para este experimento são respectivamente, $0,67 \text{ g kg}^{-1}$ o nível crítico de N no solo e $9,59 \text{ mg dm}^{-3}$ o nível crítico de P no solo. Embora as doses de máxima eficiência física estimadas foram, 120 kg ha^{-1} de N e $109,75 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , contudo, as doses de máxima eficiência econômica e ambiental recomendadas foram 30 kg ha^{-1} de N e 96 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*; Nordeste Brasileiro, Produção de Grãos; Fertilidade do Solo.

GENERAL ABSTRACT

PEREIRA, R.G. Universidade Federal Rural do Semi-árido, in October 2011. **Yield of grain sorghum fertilized with nitrogen and phosphorus at “Chapada do Apodi- RN”**. Advisor: Prof. D.Sc. Fabio Henrique Tavares de Oliveira. Co-advisor: Prof. Ph.D. Francisco Bezerra Neto.

With this work, it was aimed to develop the first table for analysis interpretation of P in soil as well as the interpretation of the levels of N and P in the plant for the cultivation of sorghum in Agropoli Mossoró-Assu. In order to study the two most important agricultural soils in the region and meet the proposed objectives, this research project was divided into two subprojects: (1) Subproject Mossoró and (2) Subproject Baraúna. The field experiment was conducted Mossoró Subproject in an Oxisol of the group derived from sediment barriers located at the Experimental Farm Rafael Fernandes, UFERSA owned by and located in the town Mossoró-RN, and Subproject Baraúna was conducted in a Cambisol derived from limestone located in private property 5 km far from the center of the city. The treatments consisted of the combination of four N rates (30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) and four doses of P₂O₅ (30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹), and a control treatment, total 17 treatments. The experimental design is a randomized complete block with four replications in a factorial design, a total of 68 plots. The cultivar used was the simple hybrid BR304, 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 soil, gross revenue, spending nitrogen and phosphate fertilizers and net income. The results obtained in Subproject Mossoró (1) indicate that the increased availability of nitrogen and phosphorus in the soil influence the variables studied, except the nitrogen content in soil. The critical levels of N and P in the soil for this experiment

are respectively 0.48 g kg^{-1} critical level of soil N and 6.48 mg dm^{-3} the critical level of P in soil. Although the maximum production grains has been estimated for the application of $87.62 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N} + 120 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, the maximum dose recommended environmental and economic efficiency are 60 kg N ha^{-1} and $120 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$. In Subproject Baraúna (2), the increased availability of nitrogen and phosphorus in the soil influence, panicle length, panicle diameter, dry matter, grain yield, total nitrogen and phosphorus in the plant. The critical levels of N and P in the soil for this experiment are respectively 0.67 g kg^{-1} critical level of soil N and 9.59 mg dm^{-3} the critical level of P in soil. Although the doses were estimated maximum physical efficiency, 120 kg N ha^{-1} and $109.75 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, however, the maximum dose recommended environmental and economic efficiency were $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ and $96 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$.

Keywords: Sorghum bicolor; Brazilian Northeast, Grain Yield, Soil Fertility.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma planta com altas taxas fotossintéticas e pode ser cultivada em quase todo território nacional. Esta cultura é de enorme utilidade em regiões muito quentes e muito secas, onde culturas como o milho não atinge o máximo em produtividade de grãos ou de forragem (Molina et al, 2000). Na África e na Ásia a cultura do sorgo é considerada uma cultura chave devido a grande importância na alimentação humana. No Brasil, o sorgo é utilizado na alimentação animal para a formulação de ração e silagem.

Na cultura do sorgo a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumenta linearmente com o aumento da produção, sendo a maior exigência de nitrogênio e potássio, seguindo-se cálcio, magnésio e fósforo (EMBRAPA, 2007). O fósforo e o nitrogênio são quase todos translocados para os grãos e exportados do solo, de modo que esses nutrientes precisam de uma atenção especial no desenvolvimento de um programa de recomendação de adubação para a cultura do sorgo.

O Agropolo Mossoró-Assu é a principal região produtora de frutas, hortaliças e grãos da região semi-árida do Estado do Rio Grande do Norte, abrangendo parte ou o total da área de 18 municípios (Tibau, Mossoró, Baraúna Grossos, Areia Branca, Porto do Mangue, Serra do Mel, Carnaubais, Pendencias, Governador Dix-Sept Rosado, Alto do Rodrigues, Assú, Afonso Bezerra, Apodi, Felipe Guerra, Ipanguaçu, Upanema e Caraúbas), onde se pratica agricultura de sequeiro e, principalmente, agricultura irrigada. Os materiais de origem dos solos dessa região são de natureza sedimentar, compostos principalmente por calcário, arenito, sedimentos do grupo barreiras e sedimentos aluviais (DNPM, 1998). De acordo com o Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do

Estado do Rio Grande do Norte (Brasil, 1971), nesta região se encontram solos com ampla variação de características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, como Latossolos, Argissolos, Chernossolos Rêndzicos, Cambissolos, Neossolos Litólicos, Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Flúvicos.

O Agropolo Mossoró-Assu se destaca na produção de melão e de melancia, sendo a principal região produtora de melões do Brasil. Essas cucurbitáceas são plantadas durante a estação seca (segundo semestre) sob condições de irrigação, mas durante a estação chuvosa (primeiro semestre) muitas áreas plantadas com melão e melancia não são cultivadas, fazendo com que os produtores fiquem sem renda nesse período e demita vários trabalhadores rurais. Isso tem levado vários produtores da região a buscarem culturas alternativas para serem cultivadas durante a estação chuvosa, podendo ainda utilizar o sistema de irrigação, o qual, fica ocioso durante a estação chuvosa e pode ser utilizado para realização de irrigação complementar na cultura do sorgo na estação chuvosa, a qual, é marcada por frequentes veranicos.

Aliado a esse fato, o Estado do Rio Grande do Norte conseqüentemente, o Agropólo Mossoró-Assú não possui informações a respeito das exigências nutricionais e curvas de resposta à adubação para aculturado sorgo granífero. Desta maneira estudos tornam-se necessários, visando à expansão, o estabelecimento, e o aumento da produtividade da cultura nesta região.

Neste sentido, com este trabalho, objetiva-se avaliar o rendimento do sorgo granífero adubado com nitrogênio e fósforo em dois municípios do Agropolo Mossoró-Assu.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Cultura do Sorgo

Pertencente a família Poaceae, tribo Andropogoneae, o sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) é provavelmente originário da África, embora algumas evidências indiquem que possa ter havido duas regiões de dispersão independentes: África e Índia (Ribas, 2011; Wet, 1967). O sorgo é uma planta autógama, com baixa taxa de fecundação cruzada, apresenta metabolismo C4, resposta fotoperiódica de dias curtos e altas taxas fotossintéticas, requerendo temperaturas superiores a 21° C para um bom crescimento e desenvolvimento (Paul, 1990).

Atualmente além do seu potencial para alimentação humana, o sorgo, vêm substituindo total ou parcialmente o milho em rações para aves e suínos e totalmente, para ruminantes, com uma vantagem comparativa de menor custo de produção e valor de comercialização de aproximadamente 80% do preço do milho [Coelho et al., (2002); APPS, (2006)].

A cultura do sorgo se adapta a diversos ambientes, principalmente naqueles onde há condições de deficiência hídrica (Mariguele & Silva 2002). Isto possibilita sua expansão em regiões com distribuição irregular de chuvas e, até mesmo, seu uso em sucessão a culturas de verão (Coelho et al. 2002).

De acordo com Antunes, (1979) e Aguiar et al., (2011), o cultivo do sorgo é possível em regiões onde a precipitação pluvial anual não excede os 380 mm, devido ao desenvolvimento de variedades e híbridos de maturação precoce, no entanto, considera-se que com menos de 450 mm de chuvas anuais a cultura só deverá ser feita com irrigação.

Segundo Magalhães et al. (2003), esse fato é possível devido a cultura do sorgo requer menos água para desenvolver quando comparado

com outros cereais. O mesmo autor afirma que o sorgo necessita 330 kg de água para produzir 1 kg de matéria seca, enquanto o milho requer 370 kg de H₂O/kg de matéria seca.

De acordo com Magalhães & Oliveira, (1991), o sorgo apresenta características de escape e tolerância, através de um sistema radicular profundo e ramificado o qual é eficiente na extração de água do solo (Escape), Já a tolerância está relacionada com o potencial da planta diminuir o seu metabolismo, murchar (hibernar) e tendo um poder extraordinário de recuperação quando o estresse é interrompido.

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 cereais, leguminosas e oleaginosas. 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 4,3% 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⁻¹ enquanto a produtividade média do milho é 4.331 kg ha⁻¹. 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.

2.2 Nitrogênio e Fósforo

No sistema solo-planta, o nitrogênio mineral é absorvido nas formas de nitrato ou amônio, o qual entra em contato com as raízes das plantas preferencialmente pelo fluxo de massa (MALAVOLTA et al., 1997). No

solo, o nitrogênio apresenta diversas formas orgânicas e inorgânicas que estão dinamicamente equilibradas por meio do ciclo do N, o qual é bastante complexo. O nitrogênio pode se incorporar no sistema solo-planta a partir dos restos culturais, por processos de fixação biológica, adubação com fertilizantes industriais e também por precipitação induzida por descargas elétricas (RAIJ, 1991).

O nitrogênio é um constituinte de todos os aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucléicos, nucleotídeos, poliaminas e vários outros tipos de entidades metabólicas (Epstein e Bloom, 2004). É essencial para o crescimento das plantas, as quais necessitam deste, em quantidades relativamente elevadas. Deficiências de nitrogênio são comuns em todos os solos tropicais e podem ser causadas por lixiviação, volatilização, erosão do solo e remoção pelas culturas (Zobeck et al., 2000).

Dentre os vários nutrientes necessários para o desenvolvimento e produção das plantas o fósforo (P) ocupa lugar de destaque devido a grande quantidade exigida pelas adubações (STAUFFER & SULEWSKI, 2004) e a sua deficiência generalizada na grande maioria dos solos (LOPES et al., 2004).

O P no solo é encontrado em duas formas: a inorgânica (Pi), forma na qual as plantas são capazes de absorver, e a orgânica (Po), que devem ser mineralizadas para que as plantas possam absorvê-la (DECHEN e NACHTIGALL, 2007). O crescimento das plantas depende diretamente da concentração do fósforo na solução do solo, que é denominado fator intensidade (I). Este elemento possui habilidade de formar compostos de alta energia de ligação com os colóides do solo, conferindo-lhe alta estabilidade na fase sólida (NOVAIS e MELLO, 2007). Desta forma, mesmo que os teores totais do fósforo no solo sejam altos em relação aos

necessários para as plantas, apenas uma pequena fração esta disponível às plantas (LIU et al., 2006; PARENTONI, 2008).

O fósforo apresenta papel chave em todos os metabólitos relacionados com a aquisição, estocagem e utilização de energia: açúcares fosfatados, adenosinas fosfatadas (AMP, ADP, ATP) e em nucleotídeos e ácidos nucléicos (Epstein e Bloom, 2004). Os sintomas de deficiência de P incluem coloração verde-escura nas folhas mais velhas e, em algumas espécies, colorações avermelhadas em consequência da acumulação de antocianina. Ocorre ainda, menor perfilhamento, atraso no florescimento, gemas laterais dormentes, número reduzido de frutos e sementes, e pequena nodulação em leguminosas (Malavolta, 1997).

O fósforo aumenta a eficiência do nitrogênio absorvido o qual se une às cadeias carbonadas, incrementando, assim, a formação de novos tecidos, conseqüentemente, a longevidade das folhas fotossinteticamente ativas, as quais sob condições ambientais favoráveis, elevam a eficiência do uso da radiação solar, aumentando, portanto, o acúmulo de matéria seca e produção de grãos (Taiz & Zeiger, 2004). Essa 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.

2.3 Nutrição mineral e Recomendação de Adubação

A produção agrícola está diretamente relacionada com a disponibilidade dos nutrientes, que em determinada condição depende, além das formas químicas em que o mesmo se encontra no solo, da capacidade de absorção da cultura, do desenvolvimento do sistema radicular, do tempo de crescimento e, ainda, das condições climáticas e da disponibilidade de outros nutrientes.

O fato do sorgo ser considerado uma cultura rústica não significa que a planta não precisa de nutrientes ou não responda à adubação. Dentre os principais fatores responsáveis pela baixa produtividade da cultura do sorgo no semi-árido brasileiro, destacam-se as precipitações pluviárias irregulares, os baixos teores de nitrogênio e de fósforo dos solos [Zobeck et al., (2000) e Lopes et al., (2004)].

A extração do nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio pela cultura do sorgo aumenta linearmente com o aumento da produtividade, sendo a maior exigência de nitrogênio e potássio, seguindo-se cálcio, magnésio e fósforo (Tabela, 1). O fósforo e o nitrogênio são quase todos translocados para os grãos e exportados do solo, de modo que esses nutrientes precisam de uma atenção especial no desenvolvimento de um programa de recomendação de adubação para a cultura do sorgo (Coelho et al., 2002).

Em sorgo forrageiro submetido a dois cortes (50 e 85 dias) Mello et al. (2003) observaram composição mineral de plantas com teores que variaram de 0,21 a 0,29% de Ca; 0,16 a 0,24% de P; 0,30 a 0,44% de Mg e 1,75 a 2,85% de K. Também foi observado que o colmo apresentou maiores teores de Mg e K que a lâmina foliar.

Tabela 1. Extração média de nutrientes pela cultura do sorgo em diferentes níveis de produtividades.

Matéria seca kg ha ⁻¹	Grãos %	Nutrientes extraídos				
		N	P	K	Ca	MG
total	%	----- kg ha ⁻¹ -----				
7820 ¹	37	93	13	99	22	8
9950 ²	18	137	21	113	27	28
12.540 ²	16	214	26	140	34	26
16.580 ²	18	198	43	227	50	47

Fonte: ¹:Pitta et al. (2001) e ²:Fribourg et al. (1976), citados por Coelho et al. (2002)

Entre as necessidades cruciais para a expressão máxima do potencial produtivo, destaca-se o estado nutricional da planta. Para a cultura do sorgo, teores foliares de nutrientes considerados adequados (níveis crítico), onde são considerados os níveis nutricionais de amostras de população de plantas de alta produtividade estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de referência dos teores foliares de nutrientes considerados adequados para a cultura do sorgo

Macronutrientes	Teor (%)	Micronutrientes	Teor (mg dm ³)
Nitrogênio	2,31- 2,90	Boro	20
Fósforo	0,44	Cobre	10 – 30
Potássio	1,30 - 3,00	Ferro	68-84
Cálcio	0,21 - 0,86	Manganês	34-72
Magnésio	0,26 - 0,38	Molibdênio	Sem informação
Enxofre	0,16 - 0,60	Zinco	12 – 22

Fonte: Martinez et al. (1999).

A determinação de níveis críticos e das doses recomendáveis de nutrientes a serem adicionadas ao solo é de vital importância para uso racional de fertilizantes. Devido ao uso de doses excessivas de fertilizantes, os cultivares desenvolvidos pelos programas de melhoramento de plantas são voltados exclusivamente para altas produtividades em ambientes

favoráveis, demandando altas doses de insumos que, de forma geral, não são utilizados eficientemente (CLARKSON, 1993; PARENTONI, 2008).

Devido às novas tendências socioeconômicas e ambientais, a busca por culturas mais eficientes na aquisição e uso de nutrientes, apresentam algumas razões básicas: os fertilizantes são os insumos com a maior participação no custo final da produção agrícola em escala comercial, sendo que seu uso é, na maioria das vezes, restringido pelo pequeno produtor devido à falta de recursos (GOOD et al., 2004; PARENTONI, 2008); o uso indiscriminado de fertilizantes em altas doses causa grande impacto ambiental, podendo contaminar os mananciais hídricos, fato já verificado para N e P em áreas de agricultura intensiva (SHARPLEY et al., 2001; PARENTONI, 2008).

A dose do nutriente a ser aplicado depende fundamentalmente do teor do elemento disponível no solo e a expectativa de rendimento a ser obtido. Estas são obtidas por meio de experimentos de calibração e são fornecidos através de tabelas de recomendações de adubação de cada Estado ou região brasileira ou nos pacotes tecnológicos que existem para a cultura nas áreas de aptidão agrícola.

Deste modo, para produtividades acima de $4,0 \text{ t ha}^{-1}$ de grãos sorgo, as principais tabelas de recomendação de adubação em uso no país recomendam: (RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DO CEARÁ) de 60 kg ha^{-1} de N e $40 \text{ à } 70 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 . (RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO PARA O ESTADO DE PERNAMBUCO) de 60 kg ha^{-1} de N e $20 \text{ à } 60 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 . (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS) de $50 \text{ à } 60 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e $30 \text{ à } 70 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 . (RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DE SÃO PAULO) de $40 \text{ à } 80 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e $20 \text{ à } 80 \text{ kg ha}^{-1}$ de

P₂O₅. (RECOMENDAÇÕES DE CORRETIVOS EFERTILIZANTES PARA GOIÁS) de 50 à 70 kg ha⁻¹ de N e 40 à 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅. (INDICAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DE MILHO E DE SORGO NO RIO GRANDE DO SUL) de 35 à 75 kg ha⁻¹ de N e 0 à 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

3. REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. M. S.; MORAIS, A. V. C.; GUIMARÃES, D. P. Clima. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). Cultivo do sorgo. 3. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2) Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo/clima.htm>>. Acesso em: 16 set. 2011.

ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises dos solos. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS-CFSEMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação. RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. (Ed.). Viçosa: UFV, 1999. 259 p.

ALVES, V. M. C.; MAGALHÃES, J.V.; VASCONCELLOS, C.A.; NOVAIS, R. F.; BHAIA FILHO, A. F. C.; Acúmulo de nitrogênio e fósforo em plantas de milho afetadas pelo suprimento parcial de fósforo às raízes. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.5, p. 299-305, 1999.

ANTUNES, F.Z. Exigências climáticas da cultura do sorgo. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.5, n.56, p. 6-12, 1979.

APPS. Disponível em <http://www.apps.agr.br/upload/ax2_2402200649695300_sorgoseednewsjan2006.pdf> 2006. Acesso em 10 jul 2011.

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 Potaasa e do Fósforo, 1993. P. 143-165.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 43-71 (IAC. Boletim técnico, 100).

CAVALCANTE, F. J. A. (Org.). Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco. Recife: IPA, 1998. 198p.

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. A.; RIBAS, P. M.. Seja o doutor do seu sorgo. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 100, p. 1-24, 2002. (Arquivo do agrônomo, 14).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. Goiânia, GO. Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás. 5ª Aproximação. Goiânia, UFG/EMGOPA, 1988. 101p. (Convênio. Informativo Técnico, 1).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS-CFSEMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação. RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. (Ed.). Viçosa: UFV, 1999. 259 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Produção gropecuária. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/SorgoSerieHistxls>>. Acesso em: 09 jun. 2010.

CLARKSON, D. T.; HAWKESFORD, M. J. Molecular biological approaches to plant nutrition. Plant and Soil, The Hague, v.155/156, p. 21-31, 1993.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, R. G. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: Roberto Ferreira Novais; Victor Hugo Alvarez V; Nairam Felix de Barros; Renildo Lucio F. Fontes; Reinaldo Bertola Cantarutti; Julio Cesar Lima Neves. (Org.). Fertilidade do Solo. 1 ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 91-132, 2007.

EMBRAPA. Cultivo do Sorgo: nutrição e adubação. 2007. Disponível em: <www.cnpms.embrapa.br> Acesso em 14 de julho de 2011.

EMBRAPA MILHO E SORGO (2007) Sistemas de Produção, 2 Versão Eletrônica - 3ª edição <

<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/index.htm> > 2007. Acesso em: 01 jul 2011.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: Editora Planta, 2004. 403p.

GOOD, A. G.; SHRAWAT, A. K.; MUENCH, D. G. Can less yield more? Is reducing nutrient input into the environment compatible with maintaining crop production? **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 9, p. 597-605, 2004.

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.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Rio de Janeiro v.23 n.11 p.1-80 nov.2010.

KAMPRATH, E. J. Enhanced phosphorus status of maize resulting from nitrogen fertilization of high phosphorus soil. *Soil Science Society of America Journal*. n. 52, p. 522-526, 1987.

LIU, G.; DUNLOP, J.; PHUNG, T.; LI, Y. Comparisons of two quick methods for evaluating phosphorus efficiency genotypes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PHOSPHORUS DYNAMICS IN THE SOIL-PLANT CONTINUUM, 3., 2006. Uberlândia. Proceedings... Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p. 100-101, 2006.

LOPES, A. S.; SILVA, C. A. P. DA; BASTOS, A. R. R. Reservas de fosfatos e produção de fertilizantes fosfatados no Brasil e no mundo. In: Yamada, T.; Abdalla, S.R.S. (Ed.). Fósforo na Agricultura Brasileira. Piracicaba: Potafos, p.13-34, 2004.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Fisiologia das Plantas de Sorgo. Sete Lagoas, MG. 2003. p. 4 (Comunicado Técnico, 86)

MAGALHÃES, P. C. OLIVEIRA, A. C. Simulação de seca e seus efeitos na germinação de genótipos de sorgo. Sete Lagoas: CNPMS – EMBRAPA, 1991. 4p. (EMBRAPA – CNPMS. Pesquisa em andamento, 5).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. 2.ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARIGUELE, K. H.; SILVA, P. S. L. Avaliação dos rendimentos de grãos e forragem de cultivares de sorgo granífero. *Caatinga*, Mossoró, v. 15, n. 1/2, p. 13-18, 2002.

MELLO, R.; NORBERG, J.L.; ROCHA, M.G.; DAVID, D.B. Análise produtiva e qualitativa de um híbrido de sorgo interespecífico submetido a dois cortes. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.2, n.1, p.20-33, 2003.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação Solo-Planta. In: Roberto Ferreira de Novais, Victor Hugo Alvarez Venegas; Nairam Félix de Barros; Renildes Lúcio Ferreira Fontes; Reinaldo Bertola Cantarutti, Júlio Cesar Lima Neves. (Org.). *Fertilidade do Solo*. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 133-204, 2007.

PARENTONI, S.N. Estimativas de efeitos gênicos de diversos caracteres relacionados à eficiência e resposta ao fósforo em milho tropical. Tese de Doutorado, USP – ESALQ, Piracicaba, 2008.

PAUL, C.L. Aspectos fisiológicos del crecimiento y desarrollo Del sorgo. In: PAUL, C.L. *Agronomia del sorgo*. Patancheru: ICRISAT, 1990. p. 443-68.

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

RIBAS, P. M. (Ed.). *Cultivo do sorgo*. 3. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Embrapa Milho e Sorgo. *Sistemas de Produção*, 2) Disponível em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivoSorgo/importancia.htm>>. Acesso em: 16 set. 2011.

SHARPLEY, A. N.; MCDOWELL, R. W.; KLEIMMAN, P. J. A. Phosphorus loss from land to water: integrating agriculture and environmental management. *Plant and Soil*, The Hague, v. 237, p. 287-307, 2001.

STAUFFER, M. D.; SULEWSKI, G. Fósforo – Essencial para a vida. In: Yamada, T.; Abdalla, S.R.S. (Ed.). *Fósforo na Agricultura Brasileira*. Piracicaba: Potafos, p.1-12, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 526p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Ceará. Fortaleza: UFC, 1993. 247p.

WET, J.M.J.; HUCKABAY, J.P. The origin of Sorghum bicolor – II: distribution and domestication. Evolution, Chicago, v.21, n.4, p.787-802, 1967.

ZOBECK, T. M.; PARKER, N.C.; HASKEL,S.; GUODING, K. Scaling up from field to region for wind erosion prediction using a field-scale wind erosion model and GIS. Agriculture, Ecosystems & Environment, v.82, p. 247-259, 2000.

PRODUÇÃO DE SORGO GRANÍFERO ADUBADO COM NITROGÊNIO E FÓSFORO NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN

Resumo

Este trabalho teve por objetivo avaliar o rendimento do sorgo granífero em função de doses de N e de P_2O_5 . Os tratamentos estudados foram resultantes da combinação entre quatro doses de N (30, 60, 90, e 120 kg ha^{-1}) e de quatro doses de P_2O_5 (30, 60, 90, e 120 kg ha^{-1}) e um tratamento controle, totalizando 17 tratamentos. 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 nitrogenados e fosfatados 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 $87,62 \text{ kg ha}^{-1}$ de N + 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 , as doses de máxima eficiência econômica e ambiental recomendadas foram 60 kg ha^{-1} de N + 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

Palavras-Chave: *Sorghum bicolor*; Produção de Grãos; Fertilidade do Solo.

**YIELD OF GRAIN SORGHUM FERTILIZED WITH
NITROGEN AND PHOSPHORUS IN THE MUNICIPALITY IN
MOSSORÓ-RN**

Abstract

This study aimed to evaluate the performance of grain sorghum as a function of N and P₂O₅. The treatments consisted of the combination of four N rates (30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) and four doses of P₂O₅ (30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) and a control treatment, totaling 17 treatments. 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 nitrogen and phosphate and net income. The increased availability of nitrogen and phosphorus in the soil influence the variables studied, except the nitrogen content in soil. While most production grain has been estimated for the application of 87.62 kg ha⁻¹ N + 120 kg P₂O₅ ha⁻¹, the maximum dose recommended environmental and economic efficiency were 60 kg N ha⁻¹ + 120 kg ha⁻¹ P₂O₅.

Key words: Sorghum bicolor; Grain Production, Soil Fertility.

INTRODUÇÃO

O Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma cultura de importância mundial e é a única cultura com capacidade de produzir em uma ampla gama de condições ambientais (House, 1995). Esta cultura é de enorme utilidade em regiões muito quentes e muito secas, onde culturas como o milho, não atinge o máximo em produtividade de grãos ou de forragem (Molina et al, 2000).

Para o Nordeste, o sorgo surge como uma cultura alternativa, que oferece menor risco e possibilidade de produção de alimentos, pois as condições de solo e escassez de água limitam a produção da maioria das gramíneas (Mendes, 1986). Segundo Menelau (1998), existe uma área potencial para a exploração com sorgo no Nordeste de 9.370.000 hectares. Nos últimos 10 anos a área de exploração nesta região saltou de 23,6 mil hectares na safra de 1998 para 105,8 mil hectares em 2008 (CONAB, 2008).

A produtividade média de sorgo no Brasil ainda é considerada baixa, girando em torno de 2.335 kg ha⁻¹ de grãos (IBGE, 2010). 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 rendimento do sorgo granífero adubado com nitrogênio e fósforo no município de Mossoró-RN.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido ano agrícola de 2010, na Estação Experimental da Fazenda Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), distante 20 km do município de Mossoró-RN, região noroeste do Estado do Rio Grande do Norte. As coordenadas geográficas de referência são: Latitude Sul 5°03'40'' e Longitude Oeste 37°23'51''. A altitude do local do experimento é 72 m, o clima, de acordo com a classificação de Koeppen, 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	N total	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	Areia	Silte	Argila
H ₂ O	%	g dm ⁻³	-----	mg dm ⁻³ -----	-----	cmol _c dm ⁻³ -----	-----	dg kg ⁻¹ -----				
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

O sistema de preparo do solo realizado foi, o sistema convencional, caracterizado por: Uma aração e duas gradagens niveladoras. A semeadura do sorgo foi realizada no dia 01/07/2010, semeando as sementes de sorgo manualmente no sulco de plantio.

○ cultivar utilizado foi o híbrido simples de sorgo granífero BR 304, o qual, apresentando ciclo de 145 dias, hábito de crescimento ereto, porte baixo, produtividade entre 4 e 6 t/ha, pertencente a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária ABRASEM (2003). Devido aos frequentes veranicos que ocorrem na região, o experimento contou com o auxílio de um sistema de irrigação localizada por gotejamento, com espaçamento 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 75 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) com quatro doses de P₂O₅ (30, 60, 90 e 120 kg/ha), mais um tratamento com ausência de N e P₂O₅ (Testemunha) obtendo-se 17 tratamentos (Tabela 2). 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. As doses dos demais nutrientes foram aplicadas em fundação e foram constantes para todos os tratamentos.

Os fertilizantes utilizados para fornecer N e K₂O foram uréia/Sulfato de amônio (fundação/cobertura) e cloreto de potássio, respectivamente, e para o fornecimento de P foi utilizado o superfosfato triplo. As fontes de B, Zn e Cu utilizadas foram o bórax, sulfato de zinco e sulfato de cobre, respectivamente.

Durante o desenvolvimento da cultura foram efetuadas duas aplicações do inseticida Lambda-cyhalothrim (50 g l⁻¹) na dose de 150 mL ha⁻¹ 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⁻¹) na dose de 4,5 L ha⁻¹, aplicado em pré-emergência das plantas daninhas.

Tabela 2 – Doses de nutrientes aplicadas em cada tratamento para avaliação do rendimento do sorgo granífero

Tratamento	N	P₂O₅	K₂O	S	B	Zn	Cu
	----- kg ha ⁻¹ -----						
Testemunha	0	0	50	20	1,0	1,0	0,5
1	30	30	50	20	1,0	1,0	0,5
2	30	60	50	20	1,0	1,0	0,5
3	30	90	50	20	1,0	1,0	0,5
4	30	120	50	20	1,0	1,0	0,5
5	60	30	50	20	1,0	1,0	0,5
6	60	60	50	20	1,0	1,0	0,5
7	60	90	50	20	1,0	1,0	0,5
8	60	120	50	20	1,0	1,0	0,5
9	90	30	50	20	1,0	1,0	0,5
10	90	60	50	20	1,0	1,0	0,5
11	90	90	50	20	1,0	1,0	0,5
12	90	120	50	20	1,0	1,0	0,5
13	120	30	50	20	1,0	1,0	0,5
14	120	60	50	20	1,0	1,0	0,5
15	120	90	50	20	1,0	1,0	0,5
16	120	120	50	20	1,0	1,0	0,5

Aos 45 dias após a emergência foram coletadas amostras compostas de solo na profundidade de 0 a 20 cm, com trado holandês (12 cm de diâmetro) na área útil de cada parcela, para determinação dos teores de N total (Tedesco et al., 1995) , e P disponível pelo extrator Mehlich⁻¹ (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, foram coletadas a quarta folha com a bainha visível a partir do ápice de 20 plantas por parcela para realização da análise 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 10 plantas por parcela. Para determinação do diâmetro do colmo e diâmetro de 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, sub-amostrada 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 subparcela 7,0 m² (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 superfostato triplo o custo de R\$ 53,00, o de uréia R\$ 60,00 e o sulfato de amônio R\$ 38,80. Com isso, o custo de 1 kg de P_2O_5 superfostato triplo é R\$ 2,52, 1 kg de N via uréia, custa R\$ 2,67 e 1 kg de N via sulfato de amônio custa R\$ 3,88. 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 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 ($kg\ ha^{-1}$) e P as doses de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$). 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 SigmaPlot® 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 P₂O₅ utilizadas, deste modo, foram ajustados 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⁻¹ de N + 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅). O modelo da equação de regressão que melhor se ajustou às doses de N e P₂O₅ aplicadas, foi o quadrático, dessa maneira a produção máxima estimada foi obtida nas doses de 91,81 kg ha⁻¹ de N e 95,97 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 3, Figura 1a).

A variável diâmetro do colmo, variou de 13,83 mm (Testemunha) a 19,03 mm (120 kg ha⁻¹ de N + 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅), 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⁻¹ de N. As doses de P₂O₅ apresentaram efeito quadrático, desta maneira a dose estimada para obtenção do máximo diâmetro do colmo com a dose de 96,03 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

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 tratamento 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.

Para o comprimento de panícula as doses de N se ajustaram ao modelo quadrático com incremento positivos. Contudo o maior comprimento de panícula foi obtido com a combinação das doses de 90,35 kg ha⁻¹ de N e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a pequena magnitude desse efeito sugere que a dose econômica deve ser bem menor que 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

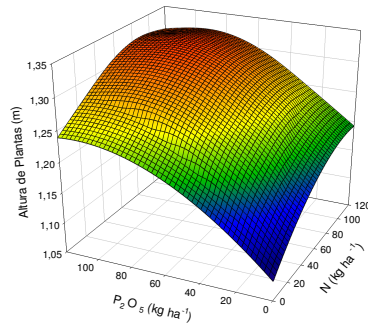
Essa diferença na magnitude dos efeitos das doses de N e de P₂O₅ pode ser observada tanto pela superfície de resposta quanto pelos valores dos parâmetros das equações de regressão ajustadas (Tabela 3, Figura 1c). Dan et al. (2010), avaliando cultivares de sorgo granífero e Santos et al. (2009) avaliando 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.

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

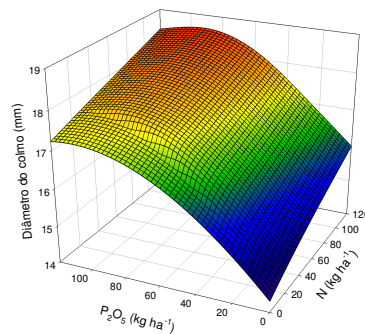
Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Dose de N (kg ha ⁻¹)					Média
	0	30	60	90	120	
----- Altura de Plantas (m) -----						
0	1,08	-	-	-	-	-
30	-	1,21	1,25	1,26	1,28	1,25
60	-	1,28	1,28	1,30	1,33	1,30
90	-	1,29	1,30	1,35	1,29	1,31
120	-	1,29	1,32	1,33	1,29	1,31
Média	-	1,27	1,28	1,31	1,29	1,29
ANAVA⁽¹⁾:	CV(%):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

⁽¹⁾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

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



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



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

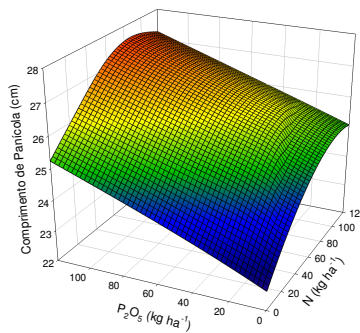


Figura 1 – Superfície de resposta para altura de plantas (a), diâmetro do colmo (b) e comprimento de panícula (c), em função de doses de nitrogênio (N) e de fósforo (P_2O_5) aplicadas no solo.

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_2O_5 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 $90,35 \text{ kg ha}^{-1}$ de N. As dose de P_2O_5 estudadas apresentaram efeito positivo e linear. Tendo a combinação das menores doses (30 kg ha^{-1} de N + 30 kg ha^{-1} de P_2O_5) 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^{-1} de N e 400 kg ha^{-1} de P_2O_5 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_2O_5 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_2O_5 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 dose zero (testemunha) apresentou média superior a média dos tratamentos,

evidenciando que esta variável não responde as variações na disponibilidade de N e no P₂O₅ solo.

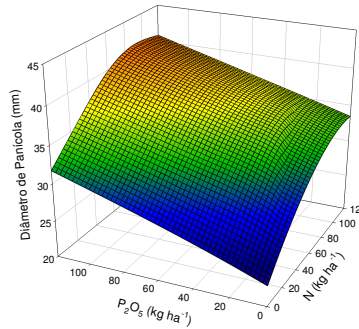
Tabela 4 – Diâmetro de panícula, matéria seca e massa de 100 grãos, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas no solo

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

⁽¹⁾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%; ⁰ : significativo a 10%; ^{ns} : não significativo.

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



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

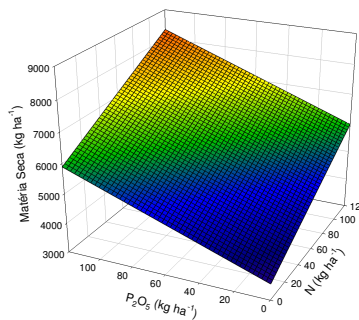


Figura 2 – Superfície de resposta para o diâmetro de panícula (a) e matéria seca (b), em função de doses de nitrogênio (N) e de fósforo (P_2O_5) aplicadas no solo.

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.

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 estudados ($p < 0,01$). 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⁻¹ de N. Para as doses de P₂O₅ 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⁻¹ no tratamento sem estresse hídrico utilizando as doses de 45 kg ha⁻¹ de N e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅. 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⁻¹ de P₂O₅, como a dose de máxima eficiência física.

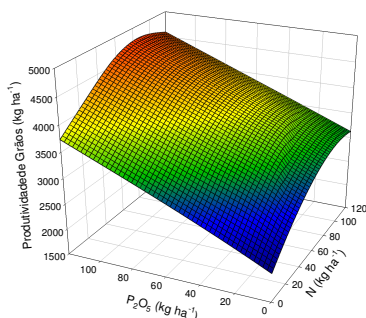
Tabela 5 – Produtividade de grãos, teor de nitrogênio na folha e teor de fósforo na folha, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas no solo

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

⁽¹⁾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

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



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

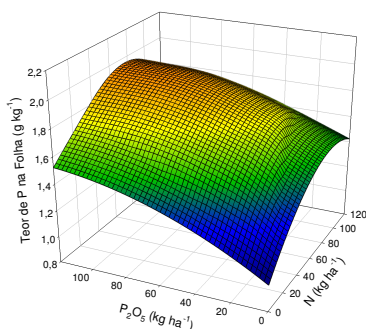


Figura 3 – Superfície de resposta para a produtividade de grãos (a) e teor de fósforo na folha (b), em função de doses de nitrogênio (N) e de fósforo (P_2O_5) aplicadas no solo.

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 $14,60 \text{ g kg}^{-1}$ (30 kg ha^{-1} de N + 30 kg ha^{-1} de P_2O_5) a $22,91 \text{ g kg}^{-1}$ (120 kg ha^{-1} de N + 30 kg ha^{-1} de P_2O_5), indicando que os teores de P_2O_5 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^{-1} de N + 30 kg ha^{-1} de P_2O_5). De acordo com, [Rosa et al. (2009); Maia et al.(2005); Silva & Bohnen et al. (2003)] esse fato pode ser justificado pelo efeito dilutivo do nutriente em função do crescimento 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), sugere como ideal, o teor foliar de N da ordem de $25,0 \text{ g kg}^{-1}$, Martinez et al. (1999), adota como ideal valores de referência entre, $23,1-29,0 \text{ g kg}^{-1}$, indicando que o presente experimento apresentou teores abaixo do considerado adequado pela literatura.

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 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 o presente experimento não apresentou teores adequados de P foliar.

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

⁽¹⁾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. ⁰: significativo a 10% ^{ns}: não significativo

Para o teor de fósforo no solo houve efeito significativo para as doses de N e P₂O₅ 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 $0,48 \text{ g kg}^{-1}$ o nível crítico de N no solo e $6,48 \text{ mg dm}^{-3}$ o nível crítico de P no solo.

Silva (2010), avaliando doses de N e P_2O_5 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), os teores de fósforo no solo obtidos neste experimento, são considerados 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_2O_5 aplicadas ao solo. De acordo com os resultados obtidos, a maior receita líquida estimada foi de R\$ 1333,83, a qual corresponde a uma produção de $4636,28 \text{ kg ha}^{-1}$ (produção de máxima eficiência econômica), a qual se torna possível com a aplicação de 60 kg ha^{-1} de N + 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Dose de máxima eficiência econômica), a qual será necessário um investimento de R\$ 520,68 com adubos nitrogenados e fosfatados.

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

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 P₂O₅ aplicadas no solo

Dose de N	Dose de P ₂ O ₅	Produtividade Grãos	Recita Bruta	Gasto com Fertilizantes	Receita Líquida
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	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

Babiker et al. (1999), avaliando a resposta do sorgo em vertissolo à aplicação de nitrogênio e fósforo cultivado em sucessão as culturas do amendoim e trigo, obteve dose de máxima eficiência econômica da ordem de 85 e 95 kg ha⁻¹ de N respectivamente. Os mesmos autores não observaram resposta significativa para as doses de P aplicadas e atribuíram a isso o 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⁻¹ de N + 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + 40 kg ha⁻¹ de K₂O. Ashiono et al. (2005), avaliando resposta do sorgo a adubação nitrogenada e fosfatada, aponta como ótimas, as dose de 40 kg ha⁻¹ de N e 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Para produtividades acima de 4,0 ton ha⁻¹ de grãos 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⁻¹ de N e 30 à 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅. (RECOMENDAÇÕES DE CORRETIVOS EFERTILIZANTES PARA GOIÁS) de 50 à 70 kg ha⁻¹ de N e 40 à 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅. (INDICAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DE MILHO E DE SORGO NO RIO GRANDE DO SUL) de 35 à 75 kg ha⁻¹ de N e 0 à 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Deste modo as tabelas de recomendação de fertilizantes nitrogenados e fosfatados utilizadas no país, recomendam doses semelhantes às obtidas no presente trabalho.

CONCLUSÕES

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

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

3. Para este experimento as doses de máxima eficiência física estimada foram 87,62 kg ha⁻¹ de N e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, contudo, as doses de máxima eficiência econômica e ambiental recomendadas foram 60 kg ha⁻¹ de N + 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKRAM, A.; FATIMA, M.; ALI, S.; JILANI, G.; ASGHAR, R. 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.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises dos solos. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS-CFSEMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação. RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. (Ed.). Viçosa: UFV, 1999. 259 p.

ALVES, V. M. C.; MAGALHÃES, J.V.; VASCONCELLOS, C.A.; NOVAIS, R. F.; BHAIA FILHO, A. F. C.; Acúmulo de nitrogênio e fósforo em plantas de milho afetadas pelo suprimento parcial de fósforo às raízes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.5, p. 299-305, 1999.

ASHIONO, G. B.; GATUIKU, S.; MWANGI, P.; AKUJA, T. E. 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*. n. 4, v. 4, 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.; PEREIRA, L. A. F.; Fontes, L.A.; JOBIM, C.C.; MARTINS, E.N.; BRANCO, A.F.; GALBEIRO, S.; MACHADO, A.O. 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.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. A.; RIBAS, P. M. Seja o doutor do seu sorgo. *Arquivo do Agrônomo*- n. 14, 2002.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. Goiânia,GO. *Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás. 5ª Aproximação*. Goiânia, UFG/EMGOPA, 1988. 101p.(Convênio. Informativo Técnico, 1).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS-CFSEMG. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação*. RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. (Ed.). Viçosa: UFV, 1999. 259 p.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte. Recife: 11 p. CPRM/PRODEEM, 2005.

CRUZ, S. J. S.; OLIVEIRA, S. C. DE; CRUZ, S. C. S.; MACHADO, C. G.; PEREIRA, R. G. Adubação Fosfatada para a Cultura do Sorgo Granífero. Caatinga (Mossoró,Brasil), v.22, n.1, p.91-97, 2009.

DAN, H. A.; CARRIJO, M. S.; CARNEIRO, D. F.; COSTA, K. A. DE P.; SILVA, A. G. Desempenho de plantas sorgo granífero sobre condições de sombreamento. Acta Scientiarum Agronomy Maringá, v. 32, n. 4, p. 675-679, 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa SPI, 2009. 412 p.

FONSECA, I. M.; PRADO, R. de M.; ALVES, A. U.; GONDIM, A. R. de O. Crescimento e nutrição do sorgo (cv. BRS 304) em solução nutritiva. Revista de Biologia e Ciências da Terra v. 8, n. 2, 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.

HOUSE, L. R.; Sorghum: One of the world's great cereals. African Crop Science Journal, v.3, p. 135-142, 1995.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Rio de Janeiro v.23 n.11 p.1-80 nov.2010.

INDICAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DE MILHO E DE SORGO NO RIO GRANDE DO SUL – Safras 2009/2010 e 2010/2011 / Rodrigues, L. R. et al. (Org.) – 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.; ABID, M.; HUSSAIN, N.; MASOOD, M.U. 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. Embrapa semi-árido, Brasília, DF. 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. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Federal da Paraíba, Areia.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C. de; PORTO FILHO, F. de Q.; GUEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de. Teores foliares de nutrientes em meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.292-295, 2005

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

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; ARRUDA J.A.; SILVA I.F. & ALVES, J.C. 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, 31:973-983, 2007.

ROSA, C. M.; CASTILHOS, R. M. V.; VAHL, L. C.; CASTILHOS, D. D.; PINTO, L. F. S.; OLIVEIRA, E. S.; LEAL, O. A. 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 vol.33 n.4, 2009.

SANTOS, C. H.; FRAGA, S. V.; RAPOUSO, R. W. C. & PEREIRA, W. E. 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, 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, 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. Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró-RN. 2010.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. NÚCLEO REGIONAL SUL. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

SUMERIA, H.K.; MALI, A.L.; DADHEECH, R.C. Effect of Phosphorus Fertilization on Yield Atributes and Yield of Sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) Genotypes. Indian Journal of Agricultural Research. v. 36, n. 4, p. 293 - 295, 2002.

PRODUÇÃO DE SORGO GRANÍFERO ADUBADO COM NITROGÊNIO E FÓSFORO NO MUNICÍPIO DE BARAÚNA-RN

Resumo

Este trabalho teve por objetivo avaliar o rendimento do sorgo granífero em função de doses de N e de P_2O_5 . Os tratamentos estudados foram resultantes da combinação entre quatro doses de N (30, 60, 90, e 120 kg ha⁻¹) e de quatro doses de P_2O_5 (30, 60, 90, e 120 kg ha⁻¹) e um tratamento controle, totalizando 17 tratamentos. 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 nitrogenados e fosfatados e receita líquida. O aumento da disponibilidade de nitrogênio e de fósforo no solo influenciam; o comprimento de panícula, diâmetro de panículo, matéria seca, produtividade de grãos, teor de nitrogênio e fósforo na planta.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*; Nordeste Brasileiro; Produção de Grãos; Fertilidade do Solo.

**YIELD OF GRAIN SORGHUM FERTILIZED WITH
NITROGEN AND PHOSPHORUS IN THE MUNICIPALITY IN
BARAÚNA/RN**

Abstract

This study aimed to evaluate the performance of grain sorghum as a function of N and P₂O₅. The treatments consisted of the combination of four N rates (30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) and four doses of P₂O₅ (30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) and a control treatment, totaling 17 treatments. 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 nitrogen and phosphate and net income. The increased availability of nitrogen and phosphorus in the soil influence, panicle length, panicle diameter, dry matter, grain yield, total nitrogen and phosphorus in the plant.

Key words: *Sorghum bicolor*; Brazilian Northeast; Grain Production, Soil Fertility.

INTRODUÇÃO

A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) por possuir características de plantas xerofílicas, possuem características fisiológicas que permitem paralisar o crescimento ou diminuir as atividades metabólicas durante o estresse hídrico e reiniciar o crescimento quando a água se torna disponível (Masojidek et al., 1991; Silva et al. 2001). Além de que, logo após o término de um período de estresse hídrico, as plantas podem até crescer mais rapidamente do que as que não sofreram estresse (Donatelli et al., 1992).

Devido a esse fato, o cultivo do sorgo é especialmente importante para a região Nordeste do Brasil, devido grande parte de a região localizar-se sobre a influência de uma zona de fatores climáticos adversos denominada semi-árido, o qual, apresenta precipitação média anual, entre 500 a 1000 mm (APPS, 2006; Tabosa et al, 1993). Segundo Menelau (1998), existe uma área potencial para a exploração com sorgo no Nordeste de 9.370.000 hectares. Nos últimos 10 anos a área de exploração nesta região saltou de 23,6 mil hectares na safra de 1998 para 105,8 mil hectares em 2008 (CONAB, 2010).

Porém, a produtividade média de sorgo no Brasil ainda é considerada baixa, girando em torno de 2.335 kg ha⁻¹ de grãos (IBGE, 2010). 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).

O fósforo aumenta a eficiência do nitrogênio absorvido o qual se une às cadeias carbonadas, incrementando, assim, a formação de novos tecidos, conseqüentemente, a longevidade das folhas fotossinteticamente ativas, as

quais sob condições ambientais favoráveis, elevam a eficiência do uso da radiação solar, aumentando, portanto, o acúmulo de matéria seca e produção de grãos (Taiz & Zeiger, 2004).

Diante do exposto, este trabalho objetiva avaliar o rendimento do sorgo granífero adubado com nitrogênio e fósforo no município de Baraúna-RN.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido ano agrícola de 2010, numa propriedade particular localizada na Microrregião da Chapada do Apodi, município de Baraúna-RN. As coordenadas geográficas de referência são: Latitude Sul 5° 04' 48" e Longitude Oeste 37° 37' 00". A altitude do local do experimento é 94 m, o clima, de acordo com a classificação de Koeppen, 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 Cambissolo Háplico de textura franco-argilo-arenosa, derivado de calcário e relevo plano, EMBRAPA (2009). O mesmo não vinha recebendo adubações nos últimos anos. 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 ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	Areia	Silte	Argila
H ₂ O	%	g dm ⁻³	-----	mg dm ⁻³ -----	-----	cmol _c dm ⁻³ -----	-----	dg kg ⁻¹ -----	-----	-----	-----	-----
6,9	1,12	1,3	4,1	291,6	10,0	7,3	2,7	0,0	1,65	19,86	31,05	49,09

O sistema de preparo do solo realizado foi o sistema convencional, caracterizado por: Uma gradagem aradora, duas gradagens niveladoras e uma subsolagem. A semeadura do sorgo foi realizada no dia 19/03/2010, semeando as sementes no sulco de plantio manualmente.

o cultivar utilizado foi o híbrido simples de sorgo granífero BR 304, o qual, apresentando ciclo de 145 dias, hábito de crescimento ereto, porte baixo, produtividade entre 4 e 6 toneladas/ha, pertencete a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária ABRASEM (2003). Devido aos frequentes veranicos que ocorrem na região, o experimento contou com o auxílio de um sistema de irrigação localizada por gotejamento, com espaçamento de 0,40 m entre emissores e vazão 2,5 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 cinco linhas de 6 m de comprimento espaçadas a 0,7 m entre si, contendo 75 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⁻¹) com quatro doses de P₂O₅ (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹), mais um tratamento com ausência de N e P₂O₅ (Testemunha) obtendo-se 17 tratamentos (Tabela 2). 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. As doses dos demais nutrientes foram aplicadas em fundação e foram constantes para todos os tratamentos. Os fertilizantes utilizados para fornecer N e K₂O foram uréia/sulfato de amônio (fundação/cobertura) e cloreto de potássio, respectivamente, e para o fornecimento de P foi utilizado o superfosfato triplo. As fontes de B, Zn e Cu utilizadas foram o bórax, sulfato de zinco e sulfato de cobre, respectivamente.

Tabela 2 – Doses de nutrientes aplicadas em cada tratamento para avaliação do rendimento do sorgo granífero

Tratamento	N	P₂O₅	K₂O	S	B	Zn	Cu
	----- kg/ha -----						
Testemunha	0	0	50	20	1,0	1,0	0,5
1	30	30	50	20	1,0	1,0	0,5
2	30	60	50	20	1,0	1,0	0,5
3	30	90	50	20	1,0	1,0	0,5
4	30	120	50	20	1,0	1,0	0,5
5	60	30	50	20	1,0	1,0	0,5
6	60	60	50	20	1,0	1,0	0,5
7	60	90	50	20	1,0	1,0	0,5
8	60	120	50	20	1,0	1,0	0,5
9	90	30	50	20	1,0	1,0	0,5
10	90	60	50	20	1,0	1,0	0,5
11	90	90	50	20	1,0	1,0	0,5
12	90	120	50	20	1,0	1,0	0,5
13	120	30	50	20	1,0	1,0	0,5
14	120	60	50	20	1,0	1,0	0,5
15	120	90	50	20	1,0	1,0	0,5
16	120	120	50	20	1,0	1,0	0,5

Durante o desenvolvimento da cultura foram efetuadas duas aplicações do inseticida Lambda-cyhalothrim (50 g l⁻¹) na dose de 150 mL ha⁻¹ 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^{-1}) na dose de $4,5 \text{ L ha}^{-1}$, 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, com trado holandês (12 cm de diâmetro) na área útil de cada parcela, para determinação dos teores de N total (Tedesco et al., 1995) , e P disponível pelo extrator Mehlich⁻¹ (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, foram coletadas a quarta folha com a bainha visível a partir do ápice de 20 plantas por parcela para realização da análise 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 10 plantas por parcela. Para determinação do diâmetro do colmo e diâmetro de 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, sub-amostrada 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 subparcela 7,0 m² (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 à 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. Com isso, o custo de 1 kg de P₂O₅ superfosfato triplo é R\$ 2,52, 1 kg de N

via uréia, custa R\$ 2,67 e 1 kg de N via sulfato de amônio custa R\$ 3,88. Para calcular o custo da adubação nitrogenada, considerou-se que 20 % da dose de N foi aplicado via uréia e 80 % via sulfato de amônio. Com base nessas informações e nos valores das doses de N e de P 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^{-1}) e P as doses de P_2O_5 (kg ha^{-1}). 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 SigmaPlot® 10.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis altura de plantas e diâmetro do colmo não apresentaram efeito significativo pelo teste F ($P < 0,10$) e nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados observados. Para a variável altura de plantas a média dos tratamentos (1,31 m) foi 15,92 % maior que a da testemunha (1,13 m), já o diâmetro do colmo, variou de 1,87 cm (Testemunha) a 2,20 cm (Média dos

tratamentos), inferindo que as adubações nitrogenadas e fosfatadas apresentaram incremento de apenas 17,6 % em relação à testemunha (Tabela 3).

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 ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Dose de N (kg ha ⁻¹)					Média
	0	30	60	90	120	
----- Altura de Plantas (m) -----						
0	1,13	-	-	-	-	-
30	-	1,28	1,26	1,26	1,28	1,27
60	-	1,28	1,32	1,26	1,54	1,35
90	-	1,29	1,29	1,32	1,29	1,30
120	-	1,29	1,31	1,32	1,32	1,31
Média	-	1,29	1,30	1,29	1,36	1,31
ANAVA ⁽¹⁾ :	CV(%):	9,6			Ftrat:	1,49 ^{ns}
Regressão:	Nenhum modelo se ajustou aos dados					
----- Diâmetro do Colmo (cm) -----						
0	1,87	-	-	-	-	-
30	-	2,20	2,32	2,24	2,32	2,27
60	-	2,16	2,13	2,17	2,19	2,16
90	-	2,14	2,32	2,10	2,16	2,18
120	-	2,21	2,17	2,22	2,23	2,21
Média	-	2,18	2,23	2,18	2,22	2,20
ANAVA ⁽¹⁾ :	CV(%):	7,7			Ftrat:	1,54 ^{ns}
Regressão:	Nenhum modelo se ajustou aos dados					
----- Comprimento de Panícula (cm) -----						
0	24,85	-	-	-	-	-
30	-	30,10	29,70	29,63	30,35	29,94
60	-	29,50	31,18	30,70	30,28	30,41
90	-	29,65	31,03	29,78	30,80	30,31
120	-	30,70	30,75	31,15	31,60	31,05
Média	-	29,99	30,66	30,31	30,76	30,43
ANAVA ⁽¹⁾ :	CV(%):	5,1			Ftrat:	3,75 ^{**}
Regressão:	Y=26,0798+0,0853330 ^{**} N-0,000491253 ^{**} N ² +0,0158534 ^{**} P					

⁽¹⁾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

O comprimento de panícula apresentou efeito significativo ($p < 0,01$) entre os tratamentos estudados, tendo as doses de N se ajustado ao modelo quadrático com incremento positivo e de pequena magnitude. Deste modo o comprimento de panícula máximo estimado foi obtido na dose de 86,85 kg ha⁻¹ de N. As doses de P₂O₅ apresentaram efeito positivo e linear significando que o maior comprimento de panícula foi obtido com a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, significando que a pequena magnitude desse efeito sugere que a dose econômica deve ser bem menor que 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Essa diferença na magnitude dos efeitos das doses de N e de P₂O₅ pode ser observada tanto pela superfície de resposta quanto pelos valores dos parâmetros das equações de regressão ajustadas (Tabela 3, Figura 1). Dan et al. (2010), avaliando cultivares de sorgo granífero, obtiveram resultados de comprimento de panícula similares aos do presente estudo.

$$Y=26,0798+0,0853330**N-0,000491253**N^2+0,0158534**P \quad R^2 = 0,76$$

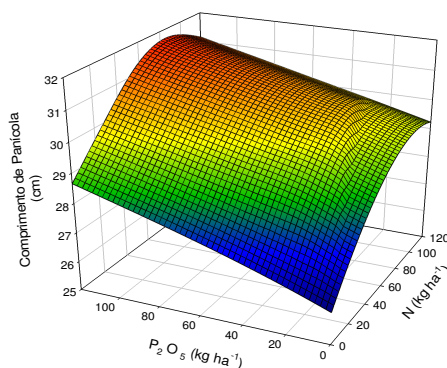


Figura 1 – Superfície de resposta para o comprimento de panícula, em função de doses de nitrogênio (N) e de fósforo (P₂O₅) aplicadas no solo.

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_2O_5 aplicadas. Para o diâmetro de panícula a equação de regressão que melhor se ajustou aos dados foi a quadrática, de modo que, as doses estimadas para obtenção da máxima produção foi $87,89 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e $111,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 .

Para a mesma variável, a combinação das menores doses (30 kg ha^{-1} de N + 30 kg ha^{-1} de P_2O_5) apresentou acréscimo de aproximadamente 97 % em relação à testemunha, esse resultado indica que a área experimental apresenta baixa disponibilidade dos nutrientes estudados e, que mesmo aplicando-se pequenas doses obtém-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^{-1} de N e 400 kg ha^{-1} de P_2O_5 apresentaram valores de diâmetro de panícula superior aos da presente pesquisa.

A produção de matéria seca apresenta efeito quadrático para as doses de N, dessa maneira a produção máxima estimada foi obtido na dose de $117,21 \text{ kg ha}^{-1}$ de N. As doses de P_2O_5 apresentaram efeito positivo e linear. A magnitude dos efeitos das doses de N e de P_2O_5 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 massa de 100 grãos, porém nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados obtidos.

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

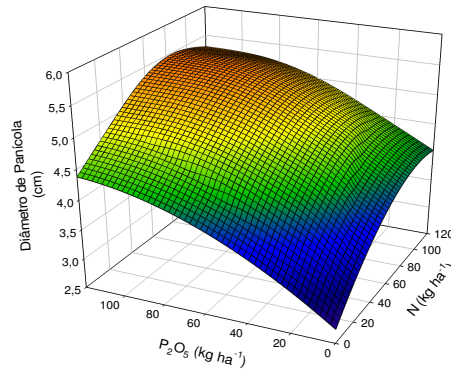
e o estabelecimento das plantas forrageiras limitando seu potencial produtivo.

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 ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Dose de N (kg ha ⁻¹)					Média
	0	30	60	90	120	
----- Diâmetro de Panícula (cm) -----						
0	2,28	-	-	-	-	-
30	-	4,49	4,92	4,60	4,92	4,73
60	-	4,60	5,30	4,96	4,96	4,95
90	-	4,80	5,18	4,71	5,26	4,99
120	-	5,35	5,41	5,10	5,60	5,37
Média	-	4,81	5,20	4,84	5,18	5,01
ANAVA⁽¹⁾:	CV(%):	10,6			Ftrat:	8,03**
Regressão:	Y=2,73253+0,0302445**N-0,000172060**N ² +0,0255154**P-0,0001144218*P ²					
----- Matéria Seca (kg ha ⁻¹) -----						
0	3.392	-	-	-	-	-
30	-	5.480	6.585	5.778	6.728	6.143
60	-	5.827	6.683	6.642	7.032	6.546
90	-	6.597	7.324	7.074	8.029	7.256
120	-	7.394	8.527	7.917	8.936	8.193
Média	-	6.324	7.280	6.853	7.681	7.034
ANAVA⁽¹⁾:	CV(%):	11,6			Ftrat:	10,49**
Regressão:	Y=3656,17+32,2676**N-0,126828 ⁰ N ² +23,9705**P					
----- Massa de 100 grãos (g) -----						
0	2,68	-	-	-	-	-
30	-	2,70	2,62	2,55	2,45	2,58
60	-	2,48	2,67	2,67	2,51	2,58
90	-	2,57	2,55	2,48	2,54	2,53
120	-	2,58	2,63	2,50	2,74	2,61
Média	-	2,58	2,62	2,55	2,56	2,58
ANAVA⁽¹⁾:	CV(%):	5,2			Ftrat:	1,67*
Regressão:	Nenhum modelo se ajustou aos dados					

⁽¹⁾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%; ⁰: significativo a 10%; ns: não significativo.

$$Y=2,7325+0,03024**N-0,0001720**N^2+0,02551**P-0,00011442*P^2 \quad R^2 = 0,80$$



$$b) Y=3656,17+32,2676**N-0,126828^0N^2+23,9705**P \quad R2 = 0,92$$

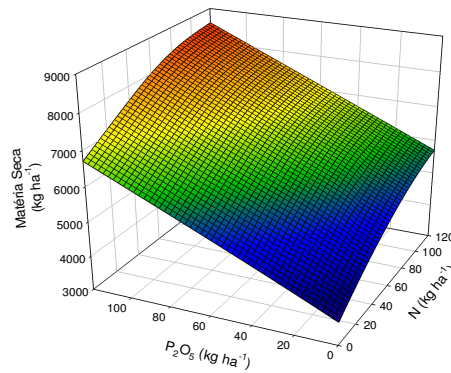


Figura 2 – Superfície de resposta para o diâmetro de panícula (a) e matéria seca (b), em função de doses de nitrogênio (N) e de fósforo (P_2O_5) aplicadas no solo.

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.

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 estudados ($p < 0,01$). Deste modo, a produtividade de grãos teve incremento de 2,8 vezes quando comparado à testemunha com a média geral dos tratamentos. A equação de regressão que melhor se ajustou as doses de N foi à linear, porém de baixa magnitude ($p < 0,05$). Para as doses de P_2O_5 foi ajustado o modelo quadrático ($p < 0,01$) apresentando a produtividade máxima estimada com a dose de $109,75 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 .

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 $5818,0 \text{ kg ha}^{-1}$ no tratamento sem estresse hídrico utilizando as doses de 45 kg ha^{-1} de N e 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 . 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^{-1} de P_2O_5 , como a dose de máxima eficiência física.

De acordo com a Tabela 5, o teor de nitrogênio foliar 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 foliar variou de $23,95 \text{ g kg}^{-1}$ (Testemunha) a $33,93 \text{ g kg}^{-1}$ (30 kg ha^{-1} de N + 90 kg ha^{-1} de P_2O_5), obtendo ainda um incremento de aproximadamente 30 % quando comparada a testemunha com a com a menor dose aplicada.

Babiker et al. (1999), sugere como ideal, o teor foliar de N da ordem de $25,0 \text{ g kg}^{-1}$, Martinez et al. (1999), adota como ideal valores de referência entre, $23,1-29,0 \text{ g kg}^{-1}$, isso revela que a dose mínima de N aplicada é suficiente para elevar o teor de N na folha a níveis adequados.

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

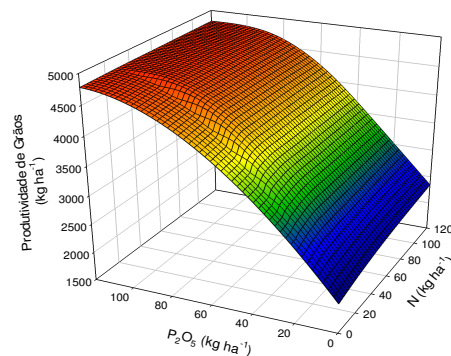
Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Dose de N (kg ha ⁻¹)					Média
	0	30	60	90	120	
----- Produtividade de Grãos (kg ha ⁻¹) -----						
0	1539	-	-	-	-	-
30	-	3930	3061	3479	3819	3572
60	-	4800	3971	4007	4270	4262
90	-	4805	4321	4236	4584	4487
120	-	4991	4836	4879	4986	4923
Média	-	4632	4047	4150	4415	4311
ANAVA⁽¹⁾:	CV(%):	12,2			Ftrat:	11,84**
Regressão:	Y=2007,75+0,122997*N+51,1783**P-0,233145**P ²					
----- Teor de Nitrogênio na Folha (g kg ⁻¹) -----						
0	23,95	-	-	-	-	-
30	-	30,68	33,72	31,73	31,08	31,80
60	-	28,93	32,74	31,28	29,97	30,73
90	-	33,93	29,69	27,46	30,07	30,29
120	-	32,27	30,56	30,87	30,19	30,97
Média	-	31,45	31,68	30,34	30,33	30,95
ANAVA⁽¹⁾:	CV(%):	8,2			Ftrat:	3,53**
Regressão:	Nenhum modelo se ajustou aos dados					
----- Teor de Fósforo na Folha (g kg ⁻¹) -----						
0	1,25	-	-	-	-	-
30	-	2,08	1,98	2,05	1,91	2,01
60	-	2,18	2,43	2,07	2,27	2,24
90	-	2,59	2,51	2,41	2,66	2,54
120	-	2,72	3,05	2,96	2,99	2,93
Média	-	2,39	2,49	2,37	2,46	2,43
ANAVA⁽¹⁾:	CV:	12,7			Ftrat:	9,46**
Regressão:	Y=1,48409+0,00117978 ^{ns} N+0,0112136**P					

⁽¹⁾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.

Fonseca et al. (2008) e Prado et al. (2007), cultivando sorgo granífero em solução nutritiva, obtiveram valores de teor de N foliar similares ao da

presente pesquisa. 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 $30,95 \text{ g kg}^{-1}$.

$$\text{a) } Y=2007,75+0,122997^*N+51,1783^{**}P-0,233145^{**}P^2 \quad R^2=0,81$$



$$\text{b) } Y=1,48409+0,00117978^{ns}N+0,0112136^{**}P \quad R^2=0,91$$

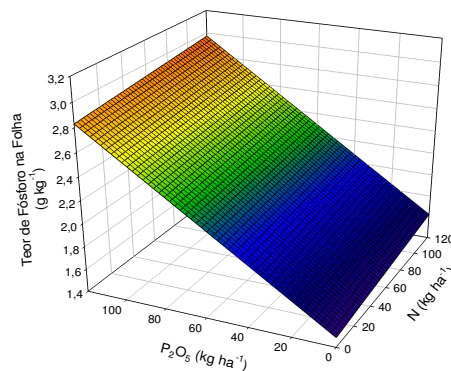


Figura 3 – Superfície de resposta para a produtividade de grãos (a) e teor de fósforo na folha (b), em função de doses de nitrogênio (N) e de fósforo (P_2O_5) aplicadas no solo.

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, corroborando com os resultados obtidos por Prado

et al. (2007). A equação de regressão ajustada seguiu o modelo linear ($p < 0,01$). Verificou-se ainda, que o aumento das doses de P_2O_5 aplicadas no solo provocou um aumento na concentração de P na folha, de modo que houve um incremento de 94,40 % quando comparada a testemunha com a média geral dos tratamentos (Tabela 5, Figura 3b).

Deste modo, o nível crítico de P na folha diagnóstica do sorgo para este experimento será considerada a média geral dos tratamentos $2,43 \text{ g kg}^{-1}$. Fonseca et al. (2008) e Prado et al. (2007), avaliando cultivares de sorgo 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 o presente experimento não apresentou teores adequados de P foliar.

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.

Para o teor de fósforo no solo não houve efeito significativo para as doses de N e P_2O_5 estudadas. Contudo a equação de regressão que melhor aos dados seguiu o modelo linear, não havendo efeito das doses de N no teor de P no solo. As doses de P_2O_5 apresentaram efeito e linear significativo ($p < 0,01$) de grande magnitude, indicando que o teor de fósforo no solo aumentou com as doses de P_2O_5 aplicadas. Esse efeito pode ser justificado pelo fato da adubação fosfatada apresentar efeito residual no solo, a grande magnitude dos efeitos das doses P_2O_5 pode ser observada tanto pela superfície de resposta quanto pelos valores dos parâmetros das equações de regressão ajustadas (Tabela 6, Figura 4).

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 ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Dose de N (kg ha ⁻¹)					Média
	0	30	60	90	120	
----- Teor de Nitrogênio no Solo (g kg ⁻¹) -----						
0	1,10	-	-	-	-	-
30	-	1,03	1,02	1,03	1,09	1,04
60	-	1,05	1,09	0,93	0,96	1,01
90	-	1,07	1,10	1,07	1,10	1,09
120	-	1,07	1,17	0,88	1,05	1,04
Média	-	1,06	1,09	0,97	1,05	1,04
ANAVA⁽¹⁾:	CV:	16,6			Ftrat:	0,67 ^{ns}
Regressão:	Nenhum modelo se ajustou aos dados					
----- Teor de Fósforo no Solo (mg dm ⁻³) -----						
0	3,25	-	-	-	-	-
30	-	3,98	6,00	3,93	5,52	4,86
60	-	5,77	7,00	7,86	7,39	7,00
90	-	5,96	13,77	8,35	12,76	10,21
120	-	18,42	20,43	13,45	12,83	16,28
Média	-	8,53	11,80	8,40	9,63	9,59
ANAVA⁽¹⁾:	CV:	92,7			Ftrat:	1,45 ^{ns}
Regressão:	Y=1,48409+0,00117978 ^{ns} N+0,0112136 ^{**} P					

⁽¹⁾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

Deste modo, os níveis críticos de N e P no solo para este experimento serão considerados as respectivas médias dos tratamentos sendo 0,67 g kg⁻¹ o nível crítico de N no solo e 9,59 mg dm⁻³ o nível crítico de P no solo. Silva (2010), avaliando doses de N e P₂O₅ na cultura da mamoneira apresentou resultados similares ao da presente pesquisa. De acordo com os resultados obtidos na presente pesquisa, 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), consideram os teores de fósforo no solo como, bom e médio respectivamente.

$$Y=1,48409+0,00117978^{ns}N+0,0112136^{**}P \quad R^2 = 0,74$$

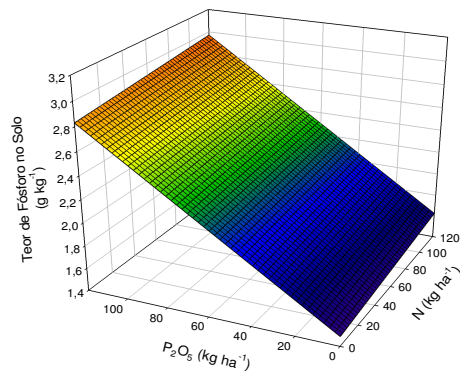


Figura 4 – Superfície de resposta para o teor de fósforo no solo, em função de doses de nitrogênio (N) e de fósforo (P_2O_5) aplicadas no solo.

Na tabela 7, encontram-se dispostos os valores de produção 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_2O_5 aplicadas ao solo. De acordo com os resultados obtidos, a maior receita líquida estimada foi de R\$ 1559,30, a qual corresponde a uma produção de 4775,89 kg ha⁻¹ (produção de máxima eficiência econômica), a qual se torna possível com a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N + 96 kg ha⁻¹ de P_2O_5 . Para obtenção dessa receita líquida máxima, o produtor teria que investir R\$ 351,06 com adubos nitrogenados e fosfatados.

Quando comparado às doses de máxima eficiência econômica com as doses de máxima eficiência física, pode-se observar diminuição significativa das doses de N e P_2O_5 aplicadas, o que é muito importante do ponto de vista econômico, podendo-se observar redução de 120 para 30 kg ha⁻¹ de N e de 109,75 para 96 kg ha⁻¹ para as doses de P_2O_5 aplicadas, o que diminui os gastos com fertilizantes em aproximadamente 50%, e aumenta a receita líquida em 21,8%. Comparando-se o valor do tratamento testemunha com o tratamento resultante da combinação das menores doses (30 kg ha⁻¹ de N e

de P_2O_5) através do teste Dunnett (5%), observou-se efeito significativo, indicando que a aplicação de pequenas doses desses fertilizantes, é suficiente para proporcionar efeito positivo na produtividade.

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_2O_5 aplicadas no solo

Dose de N	Dose de P_2O_5	Produção de Grãos	Receita Bruta	Gasto com Fertilizantes	Receita Líquida
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	R\$	R\$	R\$
0	0	2007,75	803,10	0,00	803,10
30	30	3336,96	1334,78	184,74	1150,04
30	60	4242,82	1697,13	260,34	1436,79
30	90	4729,01	1891,60	335,94	1555,66
30	96	4775,89	1910,36	351,06	1559,30
30	109,75	4820,01	1928,00	385,71	1542,29
30	120	4795,55	1918,22	411,54	1506,68
60	30	3340,65	1336,26	293,88	1042,38
60	60	4246,51	1698,60	369,48	1329,12
60	90	4732,70	1893,08	445,08	1448,00
60	109,75	4823,70	1929,48	494,85	1434,63
60	120	4799,24	1919,70	520,68	1399,02
90	30	3344,34	1337,74	403,02	934,72
90	60	4250,20	1700,08	478,62	1221,46
90	90	4736,39	1894,56	554,22	1340,34
90	120	4802,93	1921,17	629,82	1291,35
120	30	3348,03	1339,21	512,16	827,05
120	60	4253,89	1701,55	587,76	1113,79
120	90	4740,08	1896,03	663,36	1232,67
120	100	4808,89	1923,56	688,56	1235,00
120	105	4825,81	1930,32	701,16	1229,16
120	109,75	4831,08	1932,43	713,13	1219,30
120	112	4829,91	1931,96	718,80	1213,16
120	115	4824,67	1929,87	726,36	1203,51
120	120	4806,62	1922,65	738,96	1183,69

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

Para produtividades acima de 4,0 ton ha⁻¹ de grãos 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⁻¹ de N e 30 à 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅. (RECOMENDAÇÕES DE CORRETIVOS EFERTILIZANTES PARA GOIÁS) de 50 à 70 kg ha⁻¹ de N e 40 à 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅. (INDICAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DE MILHO E DE SORGO NO RIO GRANDE DO SUL) de 35 à 75 kg ha⁻¹ de N e 0 à 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Deste modo as tabelas de recomendação de fertilizantes nitrogenados e fosfatados utilizadas no país, assemelham-se as doses de máxima eficiência econômica obtidas no presente trabalho.

CONCLUSÕES

1. O aumento da disponibilidade de nitrogênio e de fósforo no solo influenciam; o comprimento de panícula, diâmetro de panículo, matéria seca, produtividade de grãos, teor de nitrogênio na planta e teor de fósforo na planta.

2. Os níveis críticos de N e P no solo para este experimento são respectivamente, 0,67 g kg⁻¹ o nível crítico de N no solo e 9,59 mg dm⁻³ o nível crítico de P no solo.

3. Para este experimento as doses de máxima eficiência física estimadas foram, 120 kg ha⁻¹ de N e 109,75 kg ha⁻¹ de P₂O₅, contudo, as doses de

máxima eficiência econômica e ambiental recomendadas foram 30 kg ha⁻¹ de N + 96 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, V.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises dos solos. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS-CFSEMG.

AGUIAR L. M. S; MORAES, A. V. de C. de; GUIMARÃES, D. P. Cultivo do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2 ISSN 1679-012X. Versão Eletrônica - 3ª edição. 2007. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/clima.htm>. Acesso em: 20 jun. 2011.

APPS. Disponível em <http://www.apps.agr.br/upload/ax2_2402200649695300_sorgoseednewsjan2006.pdf > 2006. Acesso em 10 jul 2011.

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. Journal of Agronomy. V.8, n. 4, p. 124-130, 2009.

CECATO, U.; PEREIRA, L. A. F.; Fontes, L.A.; JOBIM, C.C.; MARTINS, E.N.; BRANCO, A.F.; GALBEIRO, S.; MACHADO, A.O. 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.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. A.; RIBAS, P. M. Seja o doutor do seu sorgo. Arquivo do Agrônomo- n. 14, 2002.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. Goiânia,GO. Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás. 5ª Aproximação. Goiânia, UFG/EMGOPA, 1988. 101p.(Convênio. Informativo Técnico, 1).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS-CFSEMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação. RIBEIRO, A.C. et al. (Ed.). Viçosa: UFV, 1999. 359 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Produção agropecuária. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/SorgoSerieHistxls>>. Acesso em: 09 jul. 2010.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte. Recife: 11 p. CPRM/PRODEEM, 2005.

CRUZ, S. J. S.; OLIVEIRA, S. C. DE; CRUZ, S. C. S.; MACHADO, C. G.; PEREIRA, R. G. Adubação Fosfatada para a Cultura do Sorgo Granífero. Caatinga (Mossoró,Brasil), v.22, n.1, p.91-97, 2009.

DAN, H. A.; CARRIJO, M. S.; CARNEIRO, D. F.; COSTA, K. A. DE P.; SILVA, A. G. Desempenho de plantas sorgo granífero sobre condições de sombreamento. Acta Scientiarum Agronomy Maringá, v. 32, n. 4, p. 675-679, 2010.

DONATELLI, M.; HAMMER, G. L.; VANDERLIP, R. L. Genotype and water limitation effects on phenology, growth and transpiration efficiency in grain sorghum. Crop Science, Madison, v. 32, p. 781-786, 1992.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa SPI, 2009. 412 p.

FONSECA, I. M.; PRADO, R. de M.; ALVES, A. U.; GONDIM, A. R. de O. Crescimento e nutrição do sorgo (cv. BRS 304) em solução nutritiva. Revista de Biologia e Ciências da Terra v. 8, n. 2, 2008.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Rio de Janeiro v.23 n.11 p.1-80 nov.2010.

INDICAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DE MILHO E DE SORGO NO RIO GRANDE DO SUL – Safras 2009/2010 e 2010/2011 / Rodrigues, L. R. et al. (Org.) – Veranópolis: FEPAGRO-Serra, 2009. 179 p.

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.; ABID, M.; HUSSAIN, N.; MASOOD, M.U. 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. Embrapa semi-árido, Brasília, DF. 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. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Federal da Paraíba, Areia.

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

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.

MASOJIDEK, J.; TRIVEDI, S.; HALSHAW, L.; ALEXIOU, A.; HALL, D. O. The synergetic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. *Plant Physiology*, Bethesda, v. 96, p. 198-207, 1991.

MENELAU, A. S. Abertura de novas fronteiras para as culturas de milho e de sorgo no Nordeste: pólos industriais x bolsões de milho. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo. 22., 1998, Recife. Resumos... Recife: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 1998. p.31-32.

PRADO, R. de M.; ROMUALDO, L. M.; ROZANE, D. E. Omissão de macronutrientes no desenvolvimento e no estado nutricional de plantas de sorgo (cv. BRS 3010) cultivadas em solução nutritiva. *Científica*, Jaboticabal, v.35, n.2, p.122-128, 2007.

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.

SANTOS, C. H.; FRAGA, S. V.; RAPOUSO, R. W. C. & PEREIRA, W. E. 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*, v.13, n.2, p.125-130, 2009.

SILVA, S.; SOARES, M.; OLIVEIRA, L. E. M. Respostas fisiológicas de gramíneas promissoras para revegetação ciliar de reservatórios hidroelétrico submetido a deficiência hídrica. *Ciência e Agrotecnologia*. V. 25, n.1, p. 124-133, 2001.

SILVA, A. R. da C. Adubação nitrogenada e fosfatada da cultura da mamoneira no município de Mossoró-RN. Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró-RN. 2010.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. NÚCLEO REGIONAL SUL. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC.

Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

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.

TABOSA, J. N.; FRANÇA, J. G. E de; SANTOS, J. P. O.; MACIEL, G. A.; LIRA, M. de A.; ARAÚJO, M. R. A. de; GUERRA, N. B. Teste em linhagens de sorgo no semi-árido de Pernambuco para consumo humano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 28: 1385-1390. 1993.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 526p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de grãos de sorgo no Argissolo de Mossoró, sem aplicar nenhuma dose de N e nem de P_2O_5 , foi 2.170 kg ha^{-1} , produtividade 1,4 vez maior que a obtida no Cambissolo de Baraúna, que foi de 1.539 kg ha^{-1} . Esse resultado não era esperado, pois o Cambissolo de Baraúna é mais fértil e apresenta maiores teores de N e de P, o que evidencia que fatores não conhecidos contribuíram para a menor produção de grãos em Baraúna, quando não se aplicou nenhuma dose de N e de P_2O_5 .

No que se refere à magnitude da resposta da planta à adubação nitrogenada, esta foi maior no Argissolo de Mossoró que no Cambissolo de Baraúna, provavelmente em decorrência dos menores teores de matéria orgânica e de nitrogênio total observados no Argissolo de Mossoró. Para a produção de máxima eficiência econômica, são necessários aplicar 60 kg ha^{-1} de N no Argissolo de Mossoró e 30 kg ha^{-1} de N no Cambissolo de Baraúna. Portanto, o menor teor de matéria orgânica do Argissolo de Mossoró, associado à textura arenosa, que favorece a perda de N por lixiviação, exigiu maior dose de N para a produção de máxima eficiência econômica.

Comparando os dois solos com relação à adubação fosfatada, observou-se que a aplicação de pequenas doses de P_2O_5 promoveu maiores acréscimos na produção de grãos no Cambissolo de Baraúna, alcançando-se a produção de máxima eficiência econômica com a aplicação de apenas 96 kg ha^{-1} de P_2O_5 . No Argissolo de Mossoró, que é arenoso e provavelmente apresenta menor adsorção de fósforo, a dose de máxima eficiência econômica foi estimada em 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 , valor 25 % maior que o estimado para o Cambissolo de Baraúna, o qual é argiloso e provavelmente apresenta maior adsorção de fósforo. Isso provavelmente possa ser explicado pela maior dificuldade de difusão do P no solo de textura arenosa

de Mossoró, quando comparado ao solo argiloso de Baraúna, que mantém por mais tempo a umidade do solo no nível da capacidade de campo ou superior, favorecendo a difusão de P no solo argiloso.

Convém salientar que as produções de máxima eficiência física e econômica obtidas foram muito semelhantes entre os solos, aproximadamente 4.600 a 4.800 kg ha⁻¹ de grãos, evidenciando que é viável produzir sorgo nos dois solos, desde que se ajuste adequadamente a recomendação de adubação. Pelo exposto, conclui-se que para uma boa recomendação de adubação nitrogenada e fosfatada, é necessário levar em consideração as características físicas e químicas dos solos.

ANEXOS

RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA EXPERIMENTO MOSSORÓ

Tabela 1 - Resumo das análises de variância para todas as variáveis analisadas no experimento Mossoró-RN

a) Altura de Plantas					
Fontes de variação	G.L	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	.5145593E-02	.1715198E-02	0.680	*****
TRAT	16	.2471059	1544412E-01	6.120	.00000
RESIDUO	48	1211294	.2523528E-02		
C.V. = 3,936					
b) Diâmetro do Colmo					
Fontes de variação	G.L	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	68.78369	22.92790	18.432	0.00000
TRAT	16	88.28217	5.517636	4.436	0.00003
RESIDUO	48	59.70717	1.243899		
C.V. = 6,385					
c) Comprimento de Panícula					
Fontes de variação	G.L	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	30.65323	10.21774	5.490	0.00252
TRAT	16	110.0553	6.878454	3.696	0.00022
RESIDUO	48	89.34178	1.861287		
C.V. = 5,234					
d) Diâmetro de Panícula					
Fontes de variação	G.L	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	66.95287	22.31762	1.687	0.18223
TRAT	16	1451.554	90.72214	6.859	0.00000
RESIDUO	48	634.9225	13.22755		
C.V. = 10,124					
e) Matéria Seca					
Fontes de variação	G.L	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	.2020234E+08	6734114.0	11.483	0.00000
TRAT	16	.9723870E+08	6077419.0	10.363	0.00000
RESIDUO	48	.2814976E+08	586453.3		
C.V. = 12,06					

f) Peso de cem grãos

Fontes de variação	G.L	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	.1342198E-01	.4473994E-02	0.476	*****
TRAT	16	.2585574	.1615984E-01	1.721	0.07480
RESIDUO	48	.4508169	.9392018E-02		

C.V. = 4,826

g) Produtividade de Grãos

Fontes de variação	G.L	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	2396876.	798958.8	2.629	0.06080
TRAT	16	.3883972E+08	2427482.	7.988	0.00000
RESIDUO	48	.1458606E+08	303876.2		

C.V. = 14,174

h) Nitrogênio na Planta

Fontes de variação	G.L	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	7.722791	2.574264	0.637	*****
TRAT	16	440.1084	27.50677	6.810	0.00000
RESIDUO	48	193.8944	4.039467		

C.V. = 10,838

i) Fósforo na Planta

Fontes de variação	G.L	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	0.4612812	0.1537604	4.719	0.00577
TRAT	16	3.609326	0.2255829	6.924	0.00000
RESIDUO	48	1.563932	0.3258E-01		

C.V. = 10,473

j) Nitrogênio no Solo

Fontes de variação	G.L	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	0.2942632	.9808774E-01	10.617	0.00002
TRAT	16	0.1327735	.8298344E-02	0.898	*****
RESIDUO	48	.4434615	.9238782E-02		

C.V. = 20,242

k) Fósforo no Solo

Fontes de variação	G.L	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	92.22432	30.74144	4.103	.01136
TRAT	16	195.2720	12.20450	1.629	.09713 0
RESIDUO	48	359.6048	7.491767		

C.V. = 43,397

MODELOS PRÉ-DEFINIDOS SAEG®.

VARIÁVEL DEPENDENTE = PRODUTIVIDADE DE GRÃOS
 MODELO: 1

PARAMETROS DA REGRESSAO

NOME	COEFICIENTE	DESVIO	T	BETA	PROBAB.
CONST	.205011E+04				
N	.285687E+02	.132892E+02	.214977E+01	.139928E+01	.0255
QUAD	-.163024E+00	.929973E-01	-.175299E+01	-.112310E+01	.0516
P	.121578E+02	.329233E+01	.369277E+01	.595484E+00	.0014

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

R2	.710991E+00
R2 AJUSTADO	.644296E+00

ANALISE DE VARIANCA

FONTES DE VARIACAO	GL	SOMA DE QUADRADOS	QUADRADO MEDIO	F	PROBAB.
DEVIDO A REGRESSAO	3	6903673.	2301224.	10.66	.0008
INDEPENDENTE	13	2806260.	215866.2		

Correção dos valores de “t” do coeficiente de regressão com base no quadrado médio do resíduo de tratamento realizado pelo programa Fcalcw32®.

FCalc for Windows
 Data: 09/02/2011
 Hora: 13:54:44

t	Fc	Prob>Fc
.214877E+01	.131198E+02	0,00102
-,175299E+01	,873186E+01	0,00502
,369277E+01	,387483E+02	0,00001
Desvio	,284150E+01	0,00447

QMResíduo: 303876,2
 GLResíduo: 48
 Repetições: 4
 QMDesvio: 215866,2
 GLDesvio: 13

RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA EXPERIMENTO BARAÚNA

Tabela 2 - Resumo das análises de variância para todas as variáveis analisadas no experimento Baraúna-RN

a) Altura de planta

Fontes de variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
BLOCO	3	.4320667E-01	.1440222E-01	.928	*****
TRAT	16	.3700716	.2312948E-01	1.490	.14290
RESIDUO	48	.7449938	.1552070E-01		

C.V. = 9.604

b) Diâmetro do colmo

Fontes de variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
BLOCO	3	.3613423E-01	.1204474E-01	.427	*****
TRAT	16	.6964285	.4352678E-01	1.543	.12367
RESIDUO	48	1.354239	.2821331E-01		

C.V = 7.689

c) Comprimento

Fontes de variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
BLOCO	3	8.359264	2.786422	1.172	.33010
TRAT	16	142.8223	8.926394	3.756	.00019 **
RESIDUO	48	114.0883	2.376840		

C.V = 5.122

d) Diâmetro de panícula

Fontes de variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
BLOCO	3	3.596641	1.198880	4.484	.00746**
TRAT	16	34.36099	2.147562	8.032	.00000 **
RESIDUO	48	12.83341	.2673627		

C.V = 10.634

e) Matéria seca

Fontes de variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
BLOCO	3	.1008687E+08	3362291.	5.321	.00302
TRAT	16	.1061057E+09	6631609.	10.495	.00000
RESIDUO	48	.3032937E+08	631861.8		

C.V = 11.655

f) Peso de cem grãos

Fontes de variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
BLOCO	3	.6688952E-01	.2229651E-01	1.227	.31031
TRAT	16	.4866507	.3041567E-01	1.673	.08569
RESIDUO	48	.8725715	.1817857E-01		

C.V = 5.222

g) Produtividade

Fontes de variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
BLOCO	3	1042218.	347405.9	1.353	.26833
TRAT	16	.4864582E+08	3040364.	11.843	.00000
RESIDUO	48	.1232230E+08	256714.7		

C.V = 12.215

h) N na planta

Fontes de variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
BLOCO	3	24.16973	8.056578	1.285	.29019
TRAT	16	354.7037	22.16898	3.536	.00035
RESIDUO	48	300.9225	6.269220		

C.V = 8.199

i) P na planta

Fontes de variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
BLOCO	3	.3345697	.1115232	1.241	.30506
TRAT	16	13.60474	.8502964	9.465	.00000
RESIDUO	48	4.311964	.8983258E-01		

C.V = 12.706

j) N no solo

Fontes de variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
BLOCO	3	.1839118	.6130392E-01	2.027	.12263
TRAT	16	.3255383	.2034614E-01	.673	*****
RESIDUO	48	1.451838	.3024663E-01		

C.V = 16.615

k) P no solo

Fontes de variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
BLOCO	3	236.3628	78.78761	1.078	.36722
TRAT	16	1691.643	105.7277	1.447	.16068
RESIDUO	48	3507.237	73.06744		

C.V = 92.757

MODELOS PRÉ-DEFINIDOS SAEG®.

VARIÁVEL DEPENDENTE = PRODUTIVIDADE DE GRÃOS
 MODELO: 3

PARAMETROS DA REGRESSAO

NOME	COEFICIENTE	DESVIO	T	BETA	PROBAB.
CONST	200775E+04	.122967E+00	.268227E+01	.458445E-01	
N	.538171E-02	.4821			
P	.511783E+02	.108267E+02	.472704E+01	.223984E+01	.0002
QUADR	-.233145E+00	.757651E-01	-.307721E+01	-.143519E+01	.0044

$$Y=2007,75+0,122997*N+51,1783**P-0,233145**P^2$$

R2	.846842E+00
R2 AJUSTADO	.811498E+00

ANALISE DE VARIANCIA

FONTES DE VARIACAO	GL	SOMA DE QUADRADOS	QUADRADO MEDIO	F	PROBAB.
DEVIDO A REGRESSAO	3	.1029883E+08	3432942.	23.96	.0000
INDEPENDENTE	13	1862627.	143279.0		

Correção dos valores de “t” do coeficiente de regressão com base no quadrado médio do resíduo de tratamento realizado pelo programa Fcalcw32®.

FCalc for Windows
 Data: 09/02/2011
 Hora: 10:07:27

t	Fc	Prob>Fc
,458445E-01	,469209E-02	0,05593
,472704E+01	,498850E+02	0,00001
-,307721E+01	,211401E+02	0,00012
Desvio	,223250E+01	0,02197

QMResíduo: 256714,7
 GLResíduo: 48
 Repetições: 4
 QMDesvio: 143279,0
 GLDesvio: 13