



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO SOLO

TALITA BARBOSA ABREU DIÓGENES

**RESPOSTA DA MAMONEIRA A DOSES DE POTÁSSIO, BORO,
ZINCO, COBRE, MAGNÉSIO E A FONTES DE NITROGÊNIO**

MOSSORÓ – RN
MARÇO DE 2012

TALITA BARBOSA ABREU DIÓGENES

**RESPOSTA DA MAMONEIRA A DOSES DE POTÁSSIO, BORO,
ZINCO, COBRE, MAGNÉSIO E A FONTES DE NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Ciências do Solo”.

Orientador: Prof. Fábio Henrique Tavares de Oliveira (UFERSA)

**MOSSORÓ – RN
MARÇO DE 2012**

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

D561r	Diógenes, Talita Barbosa Abreu. Resposta da mamoneira a doses de potássio, boro, zinco, cobre, magnésio e a fontes de nitrogênio. / Talita Barbosa Abreu Diógenes. -- Mossoró, 2012. 45f.: il. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo. Área de Concentração: Química e fertilidade do solo) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Orientador: Profº. Dr. Fábio Henrique Tavares de Oliveira. 1. Adubação potássica. 2. <i>Ricinus Communis</i> L. 3. Micronutrientes. 4. Solo alcalino. I.Título. CDD: 631.83
-------	--

Bibliotecária: Vanessa de Oliveira Pessoa
CRB15/453

TALITA BARBOSA ABREU DIÓGENES

RESPOSTA DA MAMONEIRA A DOSES DE POTÁSSIO, BORO,
ZINCO, COBRE, MAGNÉSIO E A FONTES DE NITROGÊNIO

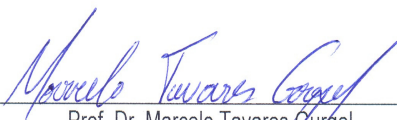
Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciências do Solo da
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
(UFERSA), como parte dos requisitos para
obtenção do título de "Mestre em Ciências
do Solo".

Aprovada em: 27 de março de 2012

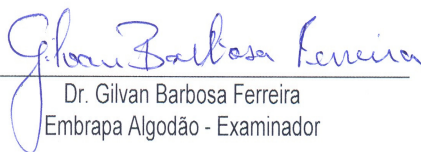
Banca examinadora:



Prof. Dr. Fábio Henrique Tavares de Oliveira
UFERSA – Orientador



Prof. Dr. Marcelo Tavares Gurgel
UFERSA - Examinador



Dr. Gilvan Barbosa Ferreira
Embrapa Algodão - Examinador

Ao meu amado esposo Abraão, por acreditar em mim, por somar companheirismo e dedicação na construção do nosso caminho. Digno de todo meu amor, estima e admiração.

Ofereço

Ao meu querido pai Izac Abreu Júnior, que me inspirou a seguir este caminho.

À minha querida mãe Iris pelo exemplo de mulher forte.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, por me manter forte, encorajada e disciplinada na minha caminhada; por me ajudar que direção escolher e pelas pessoas que coloca no meu caminho para me ajudar na busca de meus sonhos e objetivos.

Ao meu amado esposo Abraão, por acreditar em mim, pela força, pela compreensão e especialmente pela paciência, respeito e amor dedicados a mim;

À mainha, pelo apoio, confiança, amor e dedicação;

Ao meu pai por todo apoio, incentivo, confiança e amor;

À minha irmã Grasiela, por tudo, especialmente por todas as orações que faz para mim; à Luciana pelo apoio; Aos meus sobrinhos Lucas e Fernandes por todo amor que me transmitem;

Ao professor Fábio Henrique Tavares de Oliveira, pela orientação, confiança, atenção dispensada e pelas excelentes aulas e conhecimentos transmitidos, bem como pela orientação no estágio de docência;

Ao CNPQ pelo financiamento desta pesquisa;

Aos componentes da banca examinadora, Prof. Marcelo Tavares Gurgel e Dr. Gilvan Barbosa Ferreira, pela presença e auxílio no término deste trabalho;

Ao programa de Pós-graduação em Ciências do Solo da UFERSA pela oportunidade, bem como a todos os professores, por todos os ensinamentos transmitidos, pelo apoio e dedicação, em especial à professora Jeanne Portela por toda força e ao professor Rafael Batista pela ajuda;

Aos professores Elton Lúcio, Rui Sales e Francisco Cláudio, bem como à Dra. Ana Cristina, pelas cartas de recomendação, e pelo apoio;

A todos os funcionários do prédio de solos, pelo apoio, em especial à Kaline pela ajuda valiosa no laboratório e durante o estágio de docência;

Ao senhor Antônio Lisboa, pela cessão da área para instalação do experimento;

Aos colegas que ofereceram sua ajuda durante a realização deste trabalho, Fábio Martins, Antonia Rosimeire (sobretudo por ter me ensinado as práticas no laboratório e pela amizade), Jerônimo, Lucimara e demais;

À professora Jailma pelo auxílio valioso na estatística.

Aos colegas do mestrado: Isabel, Maria Eugênia, Joyce, Gabriela, Claudinete, Humbelina, Zailton, Tarcísio e Alisson, por toda amizade e troca de experiência.

*Se tivéssemos de escolher entre
conhecimento e virtude, a última
seria sem dúvida a melhor escolha,
pois é mais valiosa. O bom coração que
é fruto da virtude é por si só um
grande benefício para humanidade.
O mero conhecimento, não.*

(Tenzing Gyatso, Sua Santidade, O Dalai Lama)

BIOGRAFIA

TALITA BARBOSA ABREU DIÓGENES, filha de Izac Abreu Júnior e Iris Maria Barbosa de Abreu, nasceu em Mossoró – RN, em 23 de novembro de 1983.

Graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido em julho de 2008. Em março de 2010 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE QUADROS DO APÊNDICE.....	xiv
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. A cultura da mamona.....	4
2.2. Importância da cultura da mamona.....	5
2.3. O Agropolo Mossoró-Assú e a Chapada do Apodi.....	6
2.4. Componentes de produção da mamona.....	8
2.5. Nutrição e adubação da cultura da mamona.....	9
2.5.1. Exigência nutricional da mamoneira.....	9
2.5.2. Recomendação de adubação.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1. Descrição da área experimental.....	14
3.2. Instalação dos experimentos.....	14
3.3. Condução dos experimentos e Características Avaliadas.....	16
3.4. Análises Estatísticas.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1. Resposta da mamoneira à aplicação de doses de potássio e de boro (Experimento 01).....	20
4.1.1. Teores de potássio no solo e na planta.....	20
4.1.2. Altura da planta, altura de inserção do racemo primário, diâmetro do caule e número de racemos por planta.....	22
4.1.3. Produtividade de grãos dos racemos primário e subsequentes, produtividade total, massa de mil grãos do racemo primário e massa de mil grãos dos racemos subsequentes.....	22
4.1.4. Teores de boro na planta.....	25
4.1.5. Altura da planta, altura de inserção do racemo primário, diâmetro do caule e número de racemos por planta.....	26
4.1.6. Produtividade de grãos dos racemos primário e subsequentes, produtividade total, massa de mil grãos do racemo primário e massa de mil grãos dos racemos subsequentes.....	28

4.2. Resposta da mamoneira à adubação com zinco, cobre e magnésio (Experimento 02).....	30
4.2.1. Teores de zinco, cobre e magnésio no solo e na planta.....	30
4.2.2. Altura da planta, altura de inserção do racemo primário, diâmetro do caule e número de racemos por planta.....	32
4.2.3. Produtividade de grãos dos racemos primário e subsequentes, produtividade total, massa de mil grãos do racemo primário e massa de mil grãos dos racemos subsequentes.....	34
4.3. Resposta da mamoneira à adubação nitrogenada utilizando fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura.....	34
4.3.1. Teores de nitrogênio e enxofre na planta.....	34
4.3.2. Altura da planta, altura de inserção do racemo primário, diâmetro do caule, número de racemos por planta.....	37
4.3.3. Produtividade de grãos dos racemos primário e subsequentes, produtividade total, massa de mil grãos do racemo primário e massa de mil grãos dos racemos subsequentes.....	37
5. CONCLUSÕES.....	40
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
APÊNDICE.....	49

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 01 - Composição química média da água de irrigação utilizada nos experimentos.....	15
Quadro 02 - Características químicas e físicas do solo da área experimental antes da instalação dos experimentos, avaliadas na camada de 0-20 cm.....	16
Quadro 03 - Doses de nutrientes aplicadas na cultura da mamona, de acordo com os tratamentos do Experimento 01.....	17
Quadro 04 - Doses de nutrientes aplicadas na cultura da mamona, de acordo com os tratamentos do experimento 02.....	17
Quadro 05 - Médias dos teores de potássio no solo (KSO) e nas folhas (KFO) da mamoneira, em função de doses de potássio aplicadas no solo.....	21
Quadro 06 - Médias de altura de planta (APL), altura de inserção do racemo primário (AIRP), diâmetro do caule (DCA) e número de racemos por planta (NRP) da mamoneira, em função de doses de potássio aplicadas no solo.....	23
Quadro 07 - Médias de produtividade de grãos dos racemos primário (PRP) e subsequentes (PRS), produtividade total (PRT), massa de mil grãos do racemo primário (MMGRP) e massa de mil grãos dos racemos subsequentes (MMGRS) da mamoneira, em função de doses de potássio aplicadas no solo.....	23
Quadro 08 - Médias dos teores de boro nas folhas da mamoneira (BFO), em função de doses de boro aplicadas no solo.....	26
Quadro 09 - Médias de altura de planta (APL), altura de inserção do racemo primário (AIRP), diâmetro do caule (DCA) e número de racemos por planta (NRP) da mamoneira, em função de doses de boro aplicadas no solo.....	27
Quadro 10 - Médias de produtividade de grãos dos racemos primário (PRP) e subsequentes (PRS), produtividade total (PRT), massa de mil grãos do racemo primário (MMGRP) e massa de mil grãos dos racemos subsequentes (MMGRS) da mamoneira, em função de doses de boro aplicadas no solo.....	29
Quadro 11 - Médias dos teores de zinco, cobre e magnésio no solo e nas folhas da mamoneira, em função da adubação com presença e ausência de zinco, cobre e magnésio.....	31

Quadro 12 - Médias de altura de planta (APL), altura de inserção do racemo primário (AIRP), diâmetro do caule (DCA) e número de racemos por planta (NRP) da mamoneira, em função da adubação com presença e ausência de zinco, cobre e magnésio.....	33
Quadro 13 - Médias de produtividade de grãos dos racemos primário (PRP) e subsequentes (PRS), produtividade total (PRT), massa de mil grãos do racemo primário (MMGRP) e massa de mil grãos dos racemos subsequentes (MMGRS) da mamoneira, em função da adubação com presença e ausência de zinco, cobre e magnésio.....	35
Quadro 14 - Médias dos teores de nitrogênio (NFO) e enxofre (SFO) nas folhas da mamoneira, em função da adubação nitrogenada, utilizando fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura.....	35
Quadro 15 - Médias de altura de planta (APL), altura de inserção do racemo primário (AIRP), diâmetro do caule (DCA) e número de racemos por planta (NRP) da mamoneira, em função da adubação nitrogenada, utilizando fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura.....	38
Quadro 16 - Médias de produtividade de grãos dos racemos primário (PRP) e subsequentes (PRS), produtividade total (PRT), massa de mil grãos do racemo primário (MMGRP) e massa de mil grãos dos racemos subsequentes (MMGRS) da mamoneira, em função da adubação nitrogenada utilizando fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura.....	38

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 01 - Municípios pertencentes ao Agropolo Mossoró-Assú.....	7
Figura 02 - Teor de potássio no solo aos 47 dias após a aplicação de doses de potássio no solo.....	21
Figura 03 - Massa de mil grãos do racemo primário em função de doses de potássio aplicadas no solo.....	24
Figura 04 - Teor de boro na folha aos 47 dias após a aplicação de doses de boro no solo.....	27
Figura 05 - Massa de mil grãos do racemo subsequentes em função de doses de boro aplicadas no solo.....	29

LISTA DE QUADROS DO APÊNDICE

	Página
Quadro 01 A - Resumo da análise de variância para os teores de potássio no solo e nas folhas e de boro nas folhas da mamoneira, em função de doses de potássio e de boro aplicadas no solo.....	50
Quadro 02 A - Resumo da análise de variância para a altura de planta (APL), altura de inserção do racemo primário (AIRP), diâmetro do caule (DCA) e número de racemos por planta (NRP) da mamoneira, em função de doses de potássio e de boro aplicadas no solo.....	50
Quadro 03 A - Resumo da análise de variância para produtividade de grãos dos racemos primário (PRP) e subsequentes (PRS), produtividade total (PRT), massa de mil grãos do racemo primário (MMGRP) e massa de mil grãos dos racemos subsequentes (MMGRS) da mamoneira, em função de doses de potássio e de boro aplicadas no solo.....	51
Quadro 04 A - Resumo da análise de variância para os teores de zinco, cobre e magnésio no solo, em função da adubação com presença e ausência de zinco, cobre e magnésio e da adubação nitrogenada utilizando fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura.....	51
Quadro 05 A - Resumo da análise de variância para os teores de zinco, cobre e magnésio nas folhas da mamoneira, em função da adubação com presença e ausência de zinco, cobre e magnésio e da adubação nitrogenada utilizando fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura.....	52
Quadro 06 A - Resumo da análise de variância para altura de planta (APL), altura de inserção do racemo primário (AIRP), diâmetro do caule (DCA) e número de racemos por planta (NRP), em função da adubação com presença e ausência de zinco, cobre e magnésio e da adubação nitrogenada utilizando fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura.....	52
Quadro 07 A - Resumo da análise de variância para produtividade de grãos dos racemos primário (PRP) e subsequentes (PRS), produtividade total (PRT), massa de mil grãos do racemo primário (MMGRP) e massa de mil grãos dos racemos subsequentes (MMGRS) da mamoneira, em função da adubação com presença e ausência de zinco, cobre e magnésio e da adubação nitrogenada utilizando fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura.....	53

Quadro 08 A -Resumo da análise de variância para os teores de nitrogênio e de enxofre nas folhas da mamoneira, em função da adubação com presença e ausência de zinco, cobre e magnésio e da adubação nitrogenada utilizando fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura.....	53
--	----

RESUMO

TALITA BARBOSA ABREU DIÓGENES. **Resposta da mamoneira a doses de potássio, boro, zinco, cobre, magnésio e a fontes de nitrogênio.** Mossoró - RN, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Março de 2012. 45 p.il. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo. Orientador: Professor Dr. Fábio Henrique Tavares de Oliveira.

A produção da mamona na Chapada do Apodi pode ser utilizada como alternativa para os sistemas de rotação de culturas que visem à sustentabilidade econômica e ambiental de áreas tradicionalmente cultivadas com cucurbitáceas. Para que a mamona produza satisfatoriamente, além de adaptação às condições edafoclimáticas e da utilização da cultivar adequada, é imprescindível que haja suprimentos de água e de nutrientes. Em solos alcalinos, a disponibilidade de alguns nutrientes torna-se restrita, principalmente os micronutrientes; o nitrogênio, quando aplicado neste tipo de solo pode ser rapidamente perdido para atmosfera por volatilização da amônia, e a principal ocorrência dessa perda acontece com a utilização de uréia. Neste trabalho objetivou-se avaliar a resposta da cultura da mamona a doses de potássio, boro, zinco, cobre, magnésio e a fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura, de forma a contribuir para a melhoria do seu sistema produtivo na Chapada do Apodi. No experimento 01, foram comparados 10 tratamentos referentes à aplicação, no solo, de cinco doses de potássio (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹) e cinco doses de boro (0,0, 0,5, 1,0, 2,0 e 3,0 kg ha⁻¹). No experimento 02, compararam-se sete tratamentos, com o objetivo de avaliar os efeitos da presença e ausência de adubação com Zn, Cu e Mg e os efeitos de formas de utilização (plantio e, ou, cobertura) de fontes de N (uréia e, ou, sulfato de amônio). Aos 47 dias após a emergência foram coletadas amostras compostas de solo na profundidade de 0 a 20 cm da área útil de cada parcela, para determinação dos teores de K, Zn, Cu e Mg disponíveis. No início do florescimento da mamoneira foi avaliado o estado nutricional das plantas, determinando-se os teores de K, B, Zn, Cu, Mg, S e N nas folhas. Ao final do experimento, foram avaliadas a altura da planta, altura de inserção do racemo primário, o diâmetro do caule, número de racemos por planta, massa de mil grãos do racemo primário e subsequentes e produtividade. Nas condições experimentais, a produtividade média da mamoneira foi 2.019 kg ha⁻¹ de grãos, sem necessitar de adubação com potássio, boro, cobre, zinco e magnésio, e utilizando indistintamente a uréia ou sulfato de amônio como fonte de nitrogênio para adubação de plantio e, ou, de cobertura, incorporada no solo a 5 cm de profundidade.

Palavras Chaves: *Ricinus Communis* L., adubação potássica, micronutrientes, solo alcalino.

ABSTRACT

TALITA BARBOSA ABREU DIÓGENES. **Response of castor bean to doses potassium, boron, zinc, copper, magnesium and nitrogen sources.** Mossoró - RN, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Março de 2012. 45 p.il. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo. Orientador: Professor Dr. Fábio Henrique Tavares de Oliveira.

The production of castor bean in the Apodi Plateau can be used as an alternative to crop rotation schemes aimed at economic and environmental sustainability of areas traditionally cultivated cucurbits. For the castor produce satisfactorily, the adaptation to climate conditions and the use of appropriate farming is essential to have supplies of water and nutrients. In alkaline soils, the availability of some nutrients become limited, especially micronutrients; nitrogen, when applied in this type of soil can be quickly lost to the atmosphere by volatilization of ammonia, and the main occurrence of this loss occurs with the use of urea. This work aimed to evaluate the response of castor bean doses of potassium, boron, zinc, copper, magnesium and nitrogen sources applied at planting and coverage in order to contribute to the improvement of its productive system in the Apodi Plateau . In experiment 01, 10 treatments were compared regarding the soil application of five doses of potassium (0, 25, 50, 75 and 100 kg ha⁻¹) and five doses of boron (0.0, 0.5, 1.0, 2.0 and 3.0 kg ha⁻¹). In experiment 02, compared to seven treatments with the aim of evaluating the effects of the presence and absence of fertilization with Zn, Cu and Mg and the effects of forms of use (cultivation and or coverage) of N sources (urea and , or, ammonium sulfate). At 47 days after emergence composite samples were collected at depth 0-20 cm from the floor area of each plot, to determine the levels of K, Zn, Cu and Mg available. At the beginning of flowering of castor beans was assessed the nutritional status of plants, determining the K, B, Zn, Cu, Mg, S and N in the leaves. At the end of the experiment were evaluated: plant height, height of insertion of the primary raceme, stem diameter, number of racemes per plant, thousand grain weight of the raceme and primary and subsequent productivity. Under the experimental conditions, the average productivity of castor beans was 2.019 kg ha⁻¹ grain, without requiring fertilization with potassium, boron, copper, zinc and magnesium, and indiscriminately using urea or ammonium sulfate as nitrogen source for crop fertilization and or cover, incorporated into the soil 5 cm in depth.

Keywords: *Ricinus communis* L., potassium fertilization, micronutrients, alkaline soil.

1. INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa de relevante importância econômica e social, de cujas sementes se extrai um óleo de excelentes propriedades e de largo uso como insumo industrial (Coelho, 1979) e como subproduto a torta da mamona, que possui como fertilizante a capacidade de restauração de terras exauridas. Essa cultura vem ganhando destaque quando o assunto é a produção de combustíveis renováveis.

Segundo IBGE (2012), na safra de 2011 o Brasil plantou uma área 206.936 ha de mamona, chegando a produzir 116.042 toneladas de grãos, com um rendimento médio de 569 kg ha⁻¹. A estimativa para o ano de 2012 é que se produza em torno de 149.309 toneladas. Em 2011, a região Nordeste produziu 109.196 toneladas em uma área de 199.367 ha, com rendimento médio de 555 kg ha⁻¹.

O cultivo da mamoneira no semiárido nordestino é uma opção vantajosa, pois esta cultura adapta-se bem ao clima e aos solos desta região, principalmente quando se utiliza cultivares adaptadas. Com o intuito de expandir os cultivos desta oleaginosa, a EMBRAPA Algodão lançou em 2007 a cultivar BRS Energia, apta às condições edafoclimáticas do semiárido nordestino.

A produção da mamona na Chapada do Apodi pode ser utilizada como alternativa para os sistemas de rotação de culturas que visem a sustentabilidade econômica e ambiental de áreas tradicionalmente cultivadas com cucurbitáceas, e ainda como uma opção para os pequenos agricultores que vem cultivando, durante longo período em uma mesma gleba, culturas para subsistência como o milho e o feijão, podendo ainda valer-se dos restos culturais para uso como fertilizante, e obtenção de lucro com a comercialização do grão.

A produção de mamona pela agricultura familiar para o abastecimento de plantas industriais de biodiesel tem sido uma das principais metas do governo. O cenário existente é bastante propício para inclusão dos pequenos agricultores do Nordeste no arranjo produtivo da mamona, comprovando este panorama, há três anos foi implantada no estado do Ceará a usina de biodiesel de Quixadá, que está se preparando para ser a grande produtora e abastecedora de biodiesel da região nordeste.

Para que a mamona produza satisfatoriamente, além de adaptação às condições edafoclimáticas e da utilização da cultivar adequada, é imprescindível

que haja suprimentos de água e de nutrientes. Atualmente são poucos os trabalhos com adubação realizados com esta cultura, principalmente quanto à fertilização com micronutrientes, e em solos alcalinos como os da Chapada do Apodi. Entre os trabalhos encontrados realizados com a cultura estudada, pode-se citar Silva (2010), trabalhando com adubação nitrogenada e fosfatada na mamoneira no município de Mossoró - RN, carecendo de respostas em relação a outros nutrientes; Severino et al. (2006), que avaliaram o crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes no município de Quixeramobim no Ceará, entre outros.

Com relação á adubação potássica, o estado de São Paulo (Rajj et al. 1996), recomenda doses para a cultura da mamona que variam de 20 a 40 kg ha⁻¹, enquanto Minas Gerais (CFSEMG,1999) recomenda doses que variam de 30 a 90 kg ha⁻¹. As diferenças entre as doses mínimas e máximas recomendadas desse nutriente mostram não somente que as discrepâncias entre as tabelas são grandes, mas também que é necessário realizar experimentos de adubação bem planejados nas diferentes regiões produtoras de mamona do país, tendo em vista a elaboração de uma recomendação de adubação para a mamoneira mais embasada cientificamente.

Quanto ao boro, por ser um micronutriente, são poucas as recomendações deste para a mamona, no entanto sua importância para esta cultura é conhecida. Para a região dos Cerrados, Abreu et al. (2007), recomendam 2 kg ha⁻¹ de B. Lange et al. (2005) constataram grande importância do boro para a produção da mamoneira, pois na ausência deste, ocorreu baixa formação de frutos e queda dos frutos formados.

Em solos alcalinos a disponibilidade dos micronutrientes Fe, Cu, Mn, e Zn geralmente é pequena, principalmente em se tratando do Cu e do Zn, que são elementos que não estão sujeitos às reações de oxirredução no solo (Abreu et al. 2007), Nesses solos a relação Ca/Mg pode ser elevada, o que tem motivado alguns agricultores da região da Chapada do Apodi a utilizarem o magnésio nas adubações. Quanto ao nitrogênio, este quando aplicado em solo alcalino, pode ser rapidamente perdido para atmosfera por volatilização da amônia, o que pode levar a um baixo grau de eficiência dos fertilizantes nitrogenados amoniacais e amídicos. A principal ocorrência dessa perda ocorre com a utilização de uréia como fonte de nitrogênio, por este motivo em solos como estes o mais

recomendado é que se utilize o sulfato de amônio como fonte de nitrogênio, uma vez que as perdas com este são menores, no entanto este adubo tem custo mais elevado para o produtor (Cantarella, 2007). Pelos motivos expostos é que se torna importante que se analise a disponibilidade e a absorção destes e outros nutrientes pela cultura da mamona neste tipo de solo, o que justifica a realização desta pesquisa.

Neste trabalho, objetivou-se avaliar a resposta da cultura da mamona a doses de potássio, boro, zinco, cobre e magnésio e a fontes de nitrogênio, aplicadas no plantio e em cobertura, de forma a contribuir para a melhoria do seu sistema produtivo na Chapada do Apodi.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A Cultura da Mamona

A mamoneira (*Ricinus communis* L.), pertence à família das euforbiáceas, originária do continente africano, que possui o óleo como principal produto em importância econômica, solúvel em álcool, com inúmeras aplicações industriais (Vieira et al., 1997). É uma planta complexa quanto à morfologia, biologia floral e fisiologia; porte variado, de 80 cm a árvores com mais de 5 m de altura, ramificação caulinar do tipo simpodial, raízes fistulosas, diferentes tipos de expressão da sexualidade e particularidade de inflorescência (Beltrão & Silva 1999).

Apresenta hábito de crescimento indeterminado com floração e frutificação contínua e sequencial ao longo do ciclo fenológico. O caule principal se encerra com o surgimento da primeira inflorescência racemosa, precursora do racemo primário ou principal. Da axila da última folha logo abaixo do racemo primário surgem novos ramos que também são encerrados por racemos e assim sucessivamente vão surgindo novos ramos e ordens de racemos (Beltrão et al., 2003).

Com o aumento da busca de melhores resultados em produtividade e adaptabilidade as mais diferentes condições edafoclimáticas a Embrapa Algodão lançou a cultivar BRS Energia que apresenta ciclo curto, porte anão e frutos indeiscentes quando comparada as cultivares tradicionais, como a BRS Nordestina e BRS Paraguaçu.

A utilização da cultivar ajustada ao meio ambiente é de extrema importância, pois a complexidade da interação entre esses fatores dependerá o sucesso de uma cultura. O comportamento de uma cultivar será diferente para cada ambiente, necessitando assim de estudos, para adequá-las a cada local (Beltrão, 2002), sendo por isso importante estudar doses de nutrientes para a cultura em questão.

A cultivar BRS Energia, lançada pela EMBRAPA Algodão no ano de 2007, apresenta porte baixo, é plantada em população elevada de plantas (acima de 5.000 plantas por ha⁻¹) e é indeiscente, favorecendo o plantio e a colheita mecanizada da lavoura, sendo a primeira cultivar de baixo porte (140 cm) adaptada às condições de solo e clima da Região Nordeste (EMBRAPA, 2011). No entanto, a resposta à adubação desta cultivar na região nordeste ainda não é conhecida, sendo necessários estudos para otimização da adubação para obter o

seu máximo potencial produtivo. Possui ciclo curto, média de 120 dias entre a germinação e maturação dos últimos racemos; produtividade média de 1800 kg ha⁻¹; quanto ao florescimento, ocorre o lançamento do primeiro cacho em aproximadamente 30 dias após a germinação; o peso de 100 sementes fica em torno de 53 g; nos menores espaçamentos recomendados produz entre 2 e 3 cachos enquanto que nos maiores chega em torno de 8 (EMBRAPA, 2011).

2.2. Importância da Cultura da mamona

O Brasil, até o ano de 1981, encontrava-se na condição de primeiro produtor mundial, com produção de 281 mil toneladas e a área plantada foi de 479 mil ha. Porém, a área plantada reduziu drasticamente (retração de 88%), em consequência do baixo preço pago ao produtor e das baixas produtividades, reflexo do baixo nível tecnológico empregado na cultura (Silva et al., 2007). Contudo, com o advento de produção de biocombustíveis, surgiu a necessidade de selecionar culturas aptas à produção dos mesmos. Entre estas culturas destaca-se a mamona, já cultivada para outros fins principalmente aqui na região nordeste do Brasil.

O Brasil ocupa a terceira posição mundial na produção de mamona, com produção de 141,3 mil toneladas de grãos na safra 2010/2011, estando atrás de Índia e China que produziram nesta mesma safra 1.152,5 e 171,7 mil toneladas de grãos respectivamente (CONAB, 2011).

A mamoneira está entre as culturas de sequeiro mais rentáveis de certas áreas do Semiárido Nordestino, possui teor médio de óleos nas sementes de cerca de 50% nas principais cultivares recomendadas para cultivo, óleo especial, único produzido pela natureza, solúvel em álcool, o mais denso e viscoso de todos os óleos vegetais e animais que a natureza concebeu, possuidor de propriedades singulares que o torna o mais versátil de todos os óleos vegetais, com mais de 1000 aplicações industriais (Savy Filho, 2005).

Em virtude da inserção da mamoneira em um contexto de rentabilidade econômica, percebe-se atualmente aumento no interesse pela ricinocultura, haja vista a utilização do óleo da mamona como matéria prima para a produção de biodiesel, podendo-se a partir disso, proporcionar amplo crescimento econômico e retorno financeiro, mediante a exploração desta cultura no Brasil.

Várias vantagens são atribuídas à mamona para a produção de biodiesel tais como: ampla faixa de adaptação; fácil manejo; resistência à seca; baixos custos de produção, permitindo a inclusão social de pequenos agricultores; fixação da mão-de-obra familiar no campo (Beltrão et al., 2003); geração de renda em áreas subdesenvolvidas no meio rural, além de fortalecer a economia local.

De acordo com Savy Filho & Banzatto (1983), o mais tradicional e importante subproduto da mamona é a torta. Seu alto teor de proteína a torna atraente como alternativa para alimentação animal, porém a presença de substâncias tóxicas de difícil eliminação tem inviabilizado essa alternativa. Devido à inexistência de um método seguro para sua desintoxicação, a torta tem sido utilizada predominantemente como adubo orgânico. Além de utilizado como adubo orgânico devido ao alto teor de matéria orgânica e nitrogênio, tem ação nematicida e fungicida, tendo todos os macro e micronutrientes (Silva et al., 2007).

2.3. O Agropolo Mossoró-Assú e a Chapada do Apodi

O Agropolo Mossoró-Assú é a principal região produtora de frutas, hortaliças e grãos da região Semiárida, do Estado do Rio Grande do Norte, abrangendo uma área de 18 municípios (Figura 1), onde se pratica agricultura de sequeiro e, principalmente, agricultura irrigada. Os principais materiais de origem dos solos dessa região são de natureza sedimentar, compostos principalmente por calcário, arenito, sedimentos do grupo barreiras e sedimentos aluviais.

De acordo com Brasil (1971) e Ernesto Sobrinho (1980), nesta região se encontra muitos Latossolos, Argissolos, Chernossolos Rêndzicos, Cambissolos, Neossolos Litólicos, Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Flúvicos. Por meio dessas informações preliminares, percebe-se que os solos do Agropólo Mossoró-Assú apresentam ampla variação de características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas.



Figura 01. Municípios pertencentes ao Agropolo Mossoró-Assú.

O Agropolo Mossoró-Assú também se destaca na produção de cucurbitáceas como melão e melancia, sendo a principal região produtora de melões do Brasil. Essas cucurbitáceas são plantadas durante a estação seca (segundo semestre do ano) sob condições de irrigação, mas durante a estação chuvosa (primeiro semestre) muitas dessas não são cultivadas ou são pouco cultivadas, devido proporcionarem pouco retorno econômico para os produtores neste período, ocasionando a demissão de vários trabalhadores rurais. Isso tem levado os produtores da região a buscarem cultivos alternativos mais rentáveis para serem semeados durante a estação chuvosa, sendo a cultura da mamona uma das alternativas.

Ainda de acordo com Brasil (1971) e Ernesto Sobrinho (1980), a Chapada do Apodi, está localizada nos estados do Rio Grande do Norte e do Ceará. No estado do Rio Grande do Norte está distribuída em treze municípios: Mossoró, Baraúna, Assú, Governador Dix-Sept Rosado, Felipe Guerra, Apodi, Severiano Melo, Itaú, Caraúbas, Upanema, Janduís, Augusto Severo e Paraú. Apresenta

ajuste topográfico bastante suave. A vegetação natural é caatinga hiperxerófila e hiporxerófila.

O município de Baraúna está localizado dentro da unidade de mapeamento Ce4 em uma grande área da Chapada do Apodi, sob vegetação de caatinga e relevo plano. Esta unidade é constituída de uma associação de Cambissolo Eutrófico com A fraco e, ou moderado, textura argilosa, Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico com textura argilosa e Litossolo Eutrófico com A fraco e, ou, moderado textura média e, ou, argilosa com fase rochosa. Estes solos caracterizam-se quimicamente, pela alta soma de bases trocáveis, podendo representar mais de 90% de saturação da capacidade de troca de cátions. O pH entre 6,8 e 8, sendo solos de reação moderadamente alcalina ou neutra, em face do material originário ser calcário e o clima da região ser semiárido quente, apresentando período irregular de chuvas entre os meses de janeiro e maio e um período de seca entre os meses de junho e dezembro. Em decorrência disto verifica-se ausência de alumínio, hidrogênio trocáveis e presença de CaCO_3 . O cálcio e o potássio trocáveis são sempre elevados, enquanto o fósforo tem valores sempre baixos (Brasil, 1971).

2.4. Componentes de produção da mamona

Diferentemente das demais espécies cultivadas, na mamoneira cada elemento da produção assume determinada importância dependendo da cultivar ou do híbrido. Conforme as características agrônômicas do genótipo em questão, os componentes de produção diferem em ordem de importância.

As variáveis relacionadas à produtividade da mamona em baga, como: estande, tamanho do cacho, número de cachos por planta, número de frutos por cacho, massa de sementes e percentagem de óleo. O conteúdo de óleo nas sementes varia entre 40% e 60% de acordo com as cultivares comerciais. O peso das sementes também é variável, segundo a cultivar, ou seja, entre 0,1g e 1,1g (Mazzani, 1983), sendo esse um componente de elevada herdabilidade.

Em cultivares de ciclo médio e de porte anão a médio, os principais componentes são os números de cachos por planta e o número de frutos por cacho, já no caso dos híbridos de baixo porte, a população de plantas por unidade de área é a característica que assume relevada importância, pois, em elevadas

populações, superiores a 50 mil plantas/hectare, geralmente as plantas híbridas fornecem somente dois cachos por planta (Beltrão et al., 2007).

2.5. Nutrição e adubação da cultura da mamona

2.5.1. Exigência nutricional da mamoneira

A maior parte do peso seco de um vegetal consiste de materiais orgânicos resultantes da fotossíntese e de processos subsequentes. Segundo Ritchie et al. (2003), os nutrientes essenciais, elementos nutricionais de que a maioria das plantas necessita para completar seu ciclo são: C, O, H (fornecidos pelo ar e pela água); N, P, K (macronutrientes primários); Ca, Mg, S (macronutrientes secundários) e B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn (micronutrientes). O suprimento adequado de cada nutriente em cada estágio de desenvolvimento da cultura é essencial para o crescimento ótimo em todos os estádios.

Para cada 2.000 kg ha⁻¹ de baga produzida, a mamona exporta da área de cultivo cerca de 80 Kg ha⁻¹ de N; 7,85 Kg ha⁻¹ de P; 25,6 Kg ha⁻¹ de K, 8,81 Kg ha⁻¹ de Ca e 6 Kg ha⁻¹ de Mg, e o acúmulo na parte aérea aos 133 dias após a germinação chega a 156, 5,24, 172, 13,6 e 12,6 Kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg respectivamente (Cannechio Filho & Freire 1958; Nakagawa & Neptune, 1971). Com isto, observa-se que a mamoneira requer altas concentrações disponíveis de nutrientes para que se obtenham produtividades satisfatórias.

Os teores foliares de N chegam a 41,3 g kg⁻¹ aos 64 dias da emergência e é comum encontrar na torta da semente cerca de 45,0 g kg⁻¹ desse nutriente (Nakagawa & Neptune, 1971; Raj et al., 1996). De acordo com CFSEMG, (1999) o N deve ser aplicado em cobertura para atender à maior demanda no período que antecede a floração, entre 40 e 50 dias após a emergência.

Numa produtividade de 2.000 kg ha⁻¹ de sementes, a mamona exporta da área cerca de 80 kg de N, quantidade muito superior se comparada à de outros elementos, salientando a importância da reposição desse nutriente ao solo (Melhorança & Staut, 2005).

Para o nitrogênio, a resposta da mamoneira à adubação é variável, ocorrendo, por vezes, efeito positivo, principalmente quando em presença de outros nutrientes (Canecchio Filho & Freire, 1958; Severino et al., 2006; Doneda

et al., 2007; Silva et al., 2007). Vale acrescentar que a adubação nitrogenada em excesso, assim como o cultivo em solos de fertilidade elevada, pode ser prejudicial à mamoneira, particularmente para as cultivares de porte médio e crescimento indeterminado, por provocar o crescimento vegetativo excessivo em detrimento da produção (Azevedo et al., 1997).

Os teores foliares de K chegam a 46,1 g kg⁻¹, aos 64 dias da emergência e é comum encontrar na torta da semente cerca de 11 g kg⁻¹ desse nutriente (Nakagawa & Neptune, 1971; Raij et al., 1996).

Entre os nutrientes, depois do nitrogênio, o potássio é o segundo elemento exigido em maiores quantidades pela maioria das plantas cultivadas (Nachtigall & Raij, 2005). Essa exigência elevada de K pelas culturas contrasta com a baixa capacidade de suprimento de K de grande parte dos solos brasileiros especialmente aqueles mais intemperizados, o que tem proporcionado grande aumento no consumo de adubo potássico para acompanhar o grande crescimento da produção agrícola brasileira nos últimos anos.

De acordo com Malavolta (2006) e Cantarutti et al. (2007), os níveis adequados de macronutrientes nas folhas da mamoneira são assim descritos: 40-50; 3-4; 30-40; 15-25; 2,5-3,5 e 3,4 g kg⁻¹ respectivamente para N, P, K, Ca, Mg e S. Para os micronutrientes 16-21; 4-6; 32-44; 12-27; 1,7-3,4 e 9 mg kg⁻¹ respectivamente para B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn. (Malavolta, 2006). Segundo Raij et. al., 1996, é comum encontrar cerca de 18 g kg⁻¹ de Ca.

As variáveis mais usadas para estudar o efeito dos nutrientes minerais sob crescimento das plantas ou de algum de seus órgãos são: acúmulo de matéria seca, altura de planta, área foliar, número de folhas por plantas e produtividade de sementes (Novais & Smith, 1999; Camacho et al., 2002).

Outra forma de avaliar os efeitos da adubação e a eficiência de absorção desses nutrientes pelas plantas é determinando-se seu estado nutricional. Esse método permite verificar se a planta possui em seus tecidos todos os elementos em quantidades e proporções adequadas para seu desenvolvimento (Malavolta, 1992). A parte da planta que melhor reflete o estado nutricional das culturas, segundo este mesmo autor, são as folhas, isso porque o teor dos elementos encontrados em suas células é consequência do efeito dos fatores que atuaram e às vezes interagiram até o momento em que esse órgão foi colhido para análise química.

A deficiência dos macronutrientes afeta não só o crescimento vegetativo, mas também, o reprodutivo, enquanto que a dos micronutrientes se expressa, principalmente sobre o crescimento reprodutivo (Santos et al., 2004a; Ferreira et al., 2004).

Dentre os micronutrientes, o boro é considerado o elemento que mais limita a produção agrícola em solos brasileiros, sendo considerado fator que impõem reduções na produtividade das culturas superiores a 50% (Boarreto, 2006). A aplicação excessiva deste elemento pode causar toxicidade, pois o intervalo entre os limites de deficiência e toxicidade é muito estreito.

A deficiência de boro é uma das mais comuns no País, relatada em diversas culturas. Essa carência pode ser ocasionada por diversos fatores, estando diretamente relacionada ao tipo de solo, às dificuldades de manejo desse nutriente, principalmente associado com possível toxidez quando usado em doses pouco acima das exigidas pelas culturas (Haddad & Kaldor, 1982). Kappes et al. (2008), estudando doses e épocas de aplicação de boro na qualidade de sementes de soja, observaram que a não aplicação de boro não prejudicou a qualidade fisiológica, porém estas não atingiram o potencial necessário a comercialização. Segundo Santos et al. (2004b), o boro é um importante micronutriente requerido para o desenvolvimento e produção de plantas, sendo que sua deficiência reduz normalmente o tamanho do sistema radicular, causa a morte de tecidos meristemáticos e provoca diminuição do número de frutos. O retardamento do crescimento dos ápices das raízes durante o período vegetativo está relacionado à função do boro na parede celular (Matoh, 1997).

Quanto aos micronutrientes cobre (Cu) e Zinco (Zn), para Santos et al. (2004b) e Ferreira et al. (2004) a produtividade da mamoneira pode ter redução superior a 50 %, quando cultivada em solos com baixos teores de Cu. No entanto, é mais tolerante a deficiência de Zn, seja por sua baixa necessidade ou pela alta capacidade de extração desse nutriente do solo (Ferreira et al., 2004).

2.5.2. Recomendação de adubação

Na produção agrícola, os estudos relacionados à adubação e nutrição mineral são de grande importância, pois permite avaliar as concentrações e a forma em que os elementos nutricionais se encontram no solo, definindo as

maneiras de suprir as necessidades nutricionais, pela absorção dos elementos químicos necessários às plantas. (Malavolta et al., 1989; Parry et al., 2002).

A cultura da mamoneira carece de informações sobre tecnologia para fertilização do solo, pois há poucos relatos na literatura sobre seu comportamento em diferentes condições como, cultivares, níveis de fertilidade do solo, clima, disponibilidade de água etc. Porém sabe-se que esta planta é exigente em fertilidade e que é possível aumentar sua produtividade pelo adequado fornecimento de nutrientes através da adubação.

Recomendações antigas de adubação, mas ainda em uso no país, (Universidade Federal do Ceará, 1993; Savy Filho, 1996; Gomes & Coutinho, 1998; CFSEMG, 1999; Sousa & Lobato, 2004; Beltrão et al., 2006) recomendam doses de N, P_2O_5 e K_2O para a cultura da mamona que variam de 35 a 75, 20 a 90 e 15 a 90 kg/ha, respectivamente, de acordo com os teores de P e de K no solo. Savy Filho, (1996), recomenda doses de K_2O para a cultura da mamona que variam de 20 a 40 kg ha⁻¹. As diferenças entre as doses mínimas e máximas recomendadas desses nutrientes (114 % para N, 350 % para P_2O_5 e 500 % para K_2O) mostram não somente que as discrepâncias entre as tabelas são grandes, mas também que é necessário realizar experimentos de adubação bem planejados nas distintas regiões produtoras de mamona do país, tendo em vista a elaboração de recomendações de adubação para a mamoneira mais embasada cientificamente.

Para o N, a recomendação que existe até o momento é para cultivares tradicionais em sistema convencional de preparo de solo, como a do Estado de São Paulo, que é 15 kg ha⁻¹ de N na semeadura e doses que variam de 30 a 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura, aplicadas entre 30 a 40 dias após a emergência (Savy Filho, 1996). Para a região dos Cerrados, Abreu et al. (2007) recomendam doses de micronutrientes de 2,0; 2,0; 6,0; 0,4 e 6,0 kg ha⁻¹ para B, Cu, Mn, Mo e Zn respectivamente.

Atualmente não existe nenhuma recomendação de adubação para a cultura da mamona no Estado do Rio Grande do Norte e, até o momento, apenas alguns trabalhos foram encontrados na literatura sobre adubação da mamoneira no estado, dentre eles Severino et al. (2006), Severino et al. (2004) e Silva (2010).

Em solos alcalinos qualquer fertilizante nitrogenado que contém N amoniacal está sujeito a perdas de amônia (NH₃) por volatilização (CANTARELLA, et al. 2007). Embora no Brasil a ocorrência de solos com essas características seja baixa, estes são os solos que predominam na Chapada do Apodi. Por outro lado,

pouca ou nenhuma perda de NH_3 ocorre quando fertilizantes amoniacais de reação ácida ou neutra, como o sulfato ou o nitrato de amônio, são aplicados a solos neutros ou ácidos, como demonstram resultados de vários estudos (Lara Cabezas et al., 1997b; Cantarella et al., 2001a, 2003; Costa et al., 2003), visto que o amônio permanece na forma iônica e estável. No entanto, quando aplicada ao solo, a uréia passa por hidrólise enzimática liberando N amoniacal.

Segundo Novais et al. (2007), vários autores brasileiros têm relatado altas perdas de N por volatilização de NH_3 , quando a uréia é aplicada na superfície dos solos: a saber 20 a 40% do N aplicado em cana-de-açúcar (Cantarella et al., 1999; Vitti, 2003), 16 a 44% do N em citros (Cantarella et al., 2003), 16 a 61% em pastagens (Cantarella et al., 2001a,b) ou até muito maiores, como os resultados de Lara Cabezas et al. (1997a,b, 2000), que mostraram perdas que variam de 40 a 78% do N aplicado na superfície do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da área experimental

Dois experimentos foram realizados em uma área agrícola de propriedade particular localizada no município de Baraúna-RN, distante 45 km da sede do município de Mossoró-RN, com as seguintes coordenadas geográficas: 5° 04' 48" de latitude sul, 37° 37' 00" de longitude oeste e altitude de 94 m (IBGE, 2008). O solo da área experimental é um Cambissolo Háplico de textura franco-argilo-arenosa e derivado de calcário. E que se encontra em pousio há três anos.

O clima da região é do tipo semiárido quente e apresenta um período de chuvas irregulares entre os meses de janeiro e maio e um período de seca entre os meses de junho e dezembro.

3.2. Instalação dos experimentos

Em maio de 2009, antes da preparação do solo para instalação dos experimentos foram coletadas amostras para caracterização química e física (Quadro 02) da área experimental, retirando amostras de uma profundidade de 0 a 20 cm, e submetidas a análises de acordo com a EMBRAPA (1997).

A preparação da área para plantio foi constituída por duas subsolagens cruzadas a uma profundidade média de 40 cm e dois passes de grades niveladoras cruzadas a aproximadamente 20 cm de profundidade. A marcação e abertura das linhas de plantio foram realizadas com sulcador, a uma profundidade média de 15 cm. Em seguida, os blocos e parcelas foram marcados, após as devidas mensurações.

Foram instalados, simultaneamente, dois experimentos utilizando o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições. Cada parcela foi composta por quatro linhas, com sete metros de comprimento, espaçadas a 0,90 m, com área total de 25,2 m². A área útil de cada parcela foi composta pelas duas linhas centrais, desconsiderando meio metro nas extremidades de cada linha de plantio.

Quadro 01 – Composição química média da água de irrigação utilizada nos experimentos

pH	CE	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	RAS	Cátions	Ânions
	dS m ⁻¹	mmol _c L ⁻¹								(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	mmol _c L ⁻¹	
7,1	1,26	0,08	2,3	7,9	4,8	3,8	0,0	7,7	0,26	0,9	15,1	11,8

A mamona foi plantada em setembro de 2009 no espaçamento de 0,90 x 0,50 m e a cultivar utilizada foi a cultivar BRS Energia lançada em 2007 pela Embrapa Algodão, que tem porte baixo (em torno de 1,40 m) e ciclo entre 120 e 150 dias. A semeadura foi realizada a 4 cm de profundidade com duas sementes a cada 0,50 m na linha da adubação (sulco). O desbaste foi realizado aos 27 dias após o plantio, deixando apenas uma planta a cada 0,50 m, visando alcançar um stand, de aproximadamente, 20.000 plantas ha⁻¹.

Todos os nutrientes foram aplicados dentro do sulco por ocasião do plantio, com exceção do nitrogênio (N) e do potássio (K), que foram aplicados parceladamente. Para o N, 20% da dose utilizada foi aplicada junto com os outros nutrientes no sulco de plantio, sendo que o restante foi dividida em duas adubações de cobertura, aplicando-se 40% da dose de N aos 30 dias após a emergência (DAE) e os outros 40% da dose aos 50 DAE. No experimento 01, as fontes de N utilizadas foram a uréia no plantio e o sulfato de amônio nas duas adubações de cobertura. Como fonte de K foi utilizado o cloreto de potássio, aplicando-se 50% da dose no plantio e o restante aos 30 DAE, junto com o N. A fonte de fósforo utilizada foi o superfosfato triplo e as de boro (B), zinco (Zn) e cobre (Cu) foram o ácido bórico, sulfato de zinco e sulfato de cobre, respectivamente.

No experimento 01, foram aplicados 10 tratamentos referente a cinco doses de K₂O (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹) e cinco doses de B (0,0, 0,5, 1,0, 2,0 e 3,0 kg ha⁻¹) (Quadro 03). Já no Experimento 02, aplicaram-se sete tratamentos (Quadro 04) com o objetivo de avaliar os efeitos da presença e ausência de adubação com Zn, Cu e Mg e os efeitos de formas de utilização (plantio e, ou, cobertura) de fontes de N (uréia e, ou, sulfato de amônio).

Quadro 02 – Características químicas e físicas do solo da área experimental antes da instalação dos experimentos, 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 kg ⁻¹	----	mg dm ⁻³	-----	-----	cmol _c dm ⁻³	-----	-----	-----	g kg ⁻¹	-----
7,4	0,77	1,6	1,8	210,3	11,5	4,8	1,3	0,00	1,98	177	331	492

3.3. Condução dos Experimentos e Características Avaliadas

Durante a instalação dos experimentos, a precipitação pluvial na área experimental foi de 37,7 mm, mas a cultura não teve problemas de déficit hídrico porque a irrigação foi ajustada. Os valores médios de temperatura (°C) média, máxima e mínima, umidade relativa do ar (%) e evapotranspiração potencial (mm dia⁻¹) foram: 26,4; 34,0; 20,58; 70 e 5,7, respectivamente.

Como o experimento de campo foi conduzido no período de seca, foram realizadas irrigações complementares às precipitações pluviais. O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento com tubos gotejadores com emissores de 1,7 L h⁻¹ a uma pressão de 120 KPa, utilizando subsídio de informações climáticas diárias provenientes de uma estação meteorológica localizada em outra propriedade agrícola particular próxima da área experimental. A lâmina total de água fornecida durante o ciclo da cultura da mamona foi de aproximadamente 400 mm ha⁻¹, de modo que a cultura não sofreu nenhum déficit hídrico. A composição química média da água extraída do Aquífero Jandaíra, de onde se retirou a água de irrigação, é apresentada no quadro 01.

Os tratos culturais durante a condução do experimento foram realizados de acordo com Beltrão et al. (2006). O controle de plantas daninhas foi realizado por capinas manuais, as quais foram realizadas aos 10, 26 e 48 dias após a semeadura. Foram realizadas 05 pulverizações (13, 16, 20, 24 e 35 dias após a semeadura) para o controle da mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) e da mosca branca (*Bemisia tabaci*), usando coquetéis compostos por ácido cítrico, Vermitec, Actara, Veget'oil, Assist, Amistar e Tracer. A mosca minadora foi a praga que atacou a cultura com maior intensidade.

Quadro 03 – Doses de nutrientes aplicadas na cultura da mamona, de acordo com os tratamentos do Experimento 01

Tratamento	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B	Zn	Cu
----- kg ha ⁻¹ -----						
Doses de K						
T1	70	90	0	2,0	1,0	0,5
T2	70	90	25	2,0	1,0	0,5
T3	70	90	50	2,0	1,0	0,5
T4	70	90	75	2,0	1,0	0,5
T5	70	90	100	2,0	1,0	0,5
Doses de B						
T6	70	90	75	0,0	1,0	0,5
T7	70	90	75	0,5	1,0	0,5
T8	70	90	75	1,0	1,0	0,5
T9	70	90	75	2,0	1,0	0,5
T10	70	90	75	3,0	1,0	0,5

Quadro 04 – Doses de nutrientes aplicadas na cultura da mamona, de acordo com os tratamentos do Experimento 02

Tratamento	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Zn	Cu
----- kg ha ⁻¹ -----							
Testemunha ⁽¹⁾	70	90	75	0	2,0	1,0	0,5
Ausência Zn ⁽²⁾	70	90	75	0	2,0	0,0	0,5
Ausência Cu ⁽²⁾	70	90	75	0	2,0	1,0	0,0
Presença Mg ⁽²⁾	70	90	75	10	2,0	1,0	0,5
Fonte de N (U, SA e U) ⁽³⁾	70	90	75	0	2,0	1,0	0,5
Fonte de N (U, U e U) ⁽⁴⁾	70	90	75	0	2,0	1,0	0,5
Fonte de N (SA, SA e SA) ⁽⁵⁾	70	90	75	0	2,0	1,0	0,5

⁽¹⁾O tratamento testemunha foi considerado como o tratamento de referência. As fontes de N utilizadas neste tratamento foi uréia (U) no sulco de plantio e sulfato de amônio (SA) nas duas adubações nitrogenadas de cobertura. ⁽²⁾As adubações nitrogenadas nesses tratamentos foram iguais às realizadas no tratamento testemunha. ⁽³⁾Utilizou-se uréia no sulco de plantio, sulfato de amônio na primeira adubação nitrogenada de cobertura e uréia na segunda adubação nitrogenada de cobertura. ⁽⁴⁾Uso exclusivo da uréia no plantio e nas duas adubações nitrogenadas de cobertura. ⁽⁵⁾Uso exclusivo do sulfato de amônio no plantio e nas duas adubações nitrogenadas de cobertura.

No início do florescimento da mamoneira (em torno de 40 dias após a emergência), foi coletado o limbo foliar da quarta folha a partir do ápice (Malavolta et al., 1997) de 12 plantas da área útil de cada parcela para realização de análise foliar. Essas folhas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, moídas em moinho tipo Wiley e analisadas quanto aos teores de macro e micronutrientes, segundo métodos descritos por Tedesco et al. (1995). As análises foliares foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ.

Aos 47 dias após a semeadura foram coletadas com trado holandês amostras compostas de solo na profundidade de 0 a 20 cm da área útil de cada parcela, para determinação dos teores de K, Zn e Cu disponíveis pelo extrator Mehlich-1, de Mg disponível pelo extrator KCl 1 mol L⁻¹. Os teores de B no solo não foram avaliados. Na composição da amostra composta do solo de cada parcela, duas amostras simples foram coletadas 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). As análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da UFERSA.

Aos 97 dias após a semeadura foram descartada duas plantas de cada extremidade da parcela, avaliando-se em dez plantas localizadas na área útil as seguintes variáveis: altura de planta, altura da inserção do racemo principal ou cacho primário (considerada a distância entre a superfície do solo até a altura de inserção do primeiro cacho), e diâmetro do caule, aos 5 cm de distância do solo, e o número de racemos por planta. Três dias depois, foram iniciadas a coleta do racemo primário. Dois dias após a colheita do racemo primário foram coletados os racemo subsequentes ao primário. Estes cachos foram colocados para secar a sombra e posteriormente foram contados o número de cachos por planta; em seguida tomou-se 200 frutos que foram descascados manualmente e os grãos contados. Tanto os grãos quanto as cascas de 200 frutos foram pesados e neles avaliados o grau de umidade, obtendo-se por diferença, a percentagem de matéria seca dos grãos e das cascas de cada racemo por parcela. A partir da percentagem de grãos e do peso dos frutos dos racemos, com umidade determinada, calculou-se a produtividade de grãos (kg ha⁻¹).

3.4. Análises Estatísticas

Os dados dos dois experimentos foram tabulados e submetidos à análise estatística utilizando-se o software SAEG (Ribeiro Júnior, 2001). Os dados do experimento 1, onde se avaliou o efeito de doses de potássio e de boro, foram submetidos às análises de variância e de regressão. No experimento 2, primeiramente realizou-se análise de variância (ANAVA) considerando os sete tratamentos. O valor do quadrado médio do resíduo desta ANAVA foi utilizado para aplicação dos testes de Dunnett e de Tukey a 5% de probabilidade. No teste de Dunnett, o tratamento testemunha foi comparado com os tratamentos de ausência de zinco e de cobre e com presença de magnésio. Por sua vez, o teste de Tukey foi aplicado para comparar entre si os tratamentos referentes à aplicação de fontes de nitrogênio no plantio e em cobertura.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resposta da mamoneira à aplicação de doses de potássio e de boro (Experimento 01)

4.1.1. Teores de potássio no solo e na planta

De acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), o teor médio de K presente neste solo é considerado muito bom, pois está acima de 120 mg dm^{-3} . As médias dos teores de potássio no solo aos 47 dias após a adubação variaram de 261,8 a $291,6 \text{ mg dm}^{-3}$ (Quadro 05). O aumento do teor de K no solo foi significativo ao nível de 10% de probabilidade e apresentou comportamento linear com alta relação entre doses aplicadas e o teor do elemento no solo (Figura 02), verificou-se que o maior teor de K no solo foi obtido com a maior dose de K aplicada ao solo (100 kg ha^{-1}).

O aumento dos teores de potássio no solo proporcionado pelo aumento das doses, não influenciou os teores encontrados nas folhas da mamona. Esse fato pode ter ocorrido devido o solo da área experimental possuir boa reserva desse nutriente, não sofrendo influência das doses aplicadas. Em média o teor de potássio na folha foi de $18,35 \text{ g kg}^{-1}$ (Quadro 05), no entanto, esse valor é inferior ao recomendado por Malavolta (2006), que é $30\text{-}40 \text{ g kg}^{-1}$.

Em macieira, Ernani et al. (2002) mostraram que teores elevados de K no solo nem sempre estão associados a concentrações elevadas de K nas folhas, assim como aconteceu neste trabalho. A mobilidade de K no solo e a absorção de K pela planta pode ser muito afetada pelas concentrações elevadas de Ca e de Mg na solução do solo, pois enquanto estes nutrientes se deslocam mais rapidamente no solo por fluxo de massa, enquanto que o K se desloca mais lentamente por difusão. Assim, o maior acúmulo de Ca e de Mg na rizosfera pode diminuir a absorção de K e, conseqüentemente diminuir a concentração de K nas folhas (Malavolta, 2005 & Rosolem, 2005), esse fato pode justificar o baixo teor de potássio nas folhas da mamona deste ensaio, pois no solo em questão encontra-se elevadas concentrações de cálcio e magnésio por ser um solo derivado de calcário, assim, grande quantidade de K trocável no solo não significa que altos níveis de potássio serão mantidos na solução do solo.

Quadro 05 – Médias dos teores de potássio no solo (KSO) e nas folhas (KFO) da mamoneira, em função de doses de potássio aplicadas no solo

Dose de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	KSO mg dm ⁻³	KFO g kg ⁻¹
0	261,8	19,11
25	278,1	16,69
50	282,6	19,30
75	289,8	18,71
100	291,6	17,93
Média:	280,8	18,35
F(ANOVA) ⁽¹⁾	0,69 ^{ns}	5,08**
CV (%)	10,1	8,5
Análise de regressão ⁽²⁾ :	o	ns

⁽¹⁾Análise de variância considerando dez tratamentos e quatro repetições. ⁽²⁾o = o modelo linear se ajustou satisfatoriamente aos dados. ^{ns} = nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados.

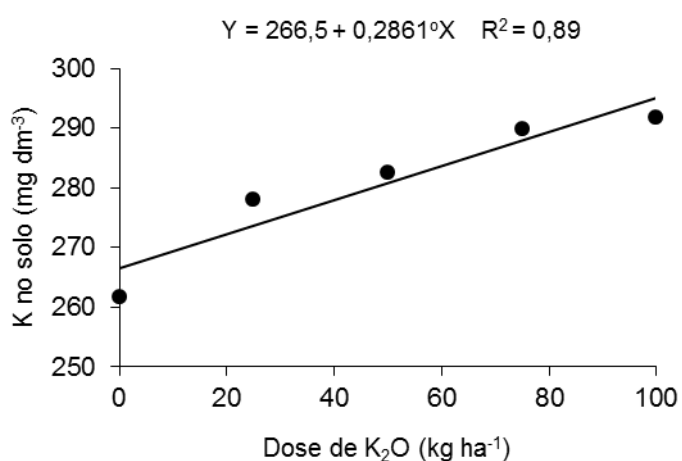


Figura 02 – Teor de potássio no solo aos 47 dias após a aplicação de doses de potássio no solo.

4.1.2. Altura da planta, altura de inserção do racemo primário, diâmetro do caule e número de racemos por planta

As variáveis altura de planta, altura de inserção do racemo primário, diâmetro do caule e número de racemos por planta, não responderam a adubação potássica de modo que não foi possível ajustar um modelo de regressão aos dados observados (Quadro 06), as médias observadas foram 1,69 m, 68,2 cm, 1,97 cm e 4,51 unidades respectivamente. Este fato pode ter ocorrido devido o solo possuir naturalmente elevados teores de K (210 mg dm^{-3}), não sendo necessário adubação com K_2O .

Em relação à altura da planta, o fato de não ter sido observado efeito significativo corroborou com Severino et al. (2006), que avaliaram o efeito de doses crescentes de K (0; 20; 40 e 80 kg ha^{-1}) na altura de plantas da cultivar BRS 149 Nordestina, aos 170 dias após o plantio, no município de Quixeramobim-CE, e também não observaram efeito significativo para esta variável.

É importante mencionar que, apesar de não ter apresentado variação significativa na altura das plantas, obteve-se neste ensaio valores superiores aos encontrados por Barros Junior (2007), de 106 cm, em média, utilizando a cultivar BRS – 188 Paraguaçu, de porte médio, superior ao da BRS Energia, quando da utilização de 619 kg ha^{-1} de N, 376 kg ha^{-1} P_2O_5 e 168 kg ha^{-1} de K_2O .

4.1.3. Produtividade de grãos dos racemos primário e subsequentes, produtividade total, massa de mil grãos do racemo primário, massa de mil grãos dos racemos subsequentes

Apenas massa de mil grãos do racemo primário foi significativo ao nível de 10%, e foi possível ajustar um modelo de regressão aos dados (Quadro 07 e Figura 03). Este dado corroborou com Moreira (2008) e Lins (1976) que observaram que o peso de 100 grãos das cultivares IAC Guarani, Paraibana e SIPEAL-1 foi um pouco maior nos frutos dos racemos primários que dos demais racemos. A maior contribuição na produtividade por parte dos racemos primários deve-se à dominância fisiológica e também as condições ambientais favoráveis durante o período reprodutivo (Vijaya Kumar *et al.*, 1997).

Quadro 06 – Médias de altura da planta (APL), altura de inserção do racemo primário (AIRP), diâmetro do caule (DCA), número de racemos por planta (NRP) da mamoneira, em função de doses de potássio aplicadas no solo

Doses de K ₂ O	APL	AIRP	DCA	NRP
(kg ha ⁻¹)	m	cm	Cm	und
0	1,68	68,5	2,01	4,38
25	1,65	67,9	1,93	4,63
50	1,72	69,3	2,00	4,53
75	1,71	67,7	1,98	4,70
100	1,71	67,7	1,92	4,33
Média	1,69	68,2	1,97	4,51
F(ANOVA) ⁽¹⁾	0,89 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,71 ^{ns}	1,39 ^{ns}
CV (%)	5,0	6,8	6,0	11,0
Análise de regressão ⁽²⁾ :	ns	ns	ns	ns

⁽²⁾Análise de variância considerando dez tratamentos e quatro repetições. ⁽²⁾ ns = nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados.

Quadro 07 – Médias de produtividade de grãos dos racemos primário (PRP) e subsequentes (PRS), produtividade total (PRT), massa de mil grãos do racemo primário (MMGRP) e massa de mil grãos dos racemos subsequentes (MMGRS) da mamoneira, em função de doses de potássio aplicadas no solo

Doses de K ₂ O	PRP	PRS	PRT	MMGRP	MMGRS
(kg ha ⁻¹)	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	G	g
0	845	1424	2.270	336,2	292,5
25	829	1243	1.872	315,8	277,0
50	888	1227	2.115	318,8	285,9
75	837	1268	2.106	318,9	291,3
100	818	1212	1.914	325,9	271,8
Média	844	1275	2.055	323,1	283,7
F(ANOVA) ⁽¹⁾	0,37 ^{ns}	1,88 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,44 ^{ns}
CV (%)	15,2	11,3	13,0	5,3	4,5
Análise de regressão ⁽²⁾ :	ns	ns	ns	o	ns

⁽¹⁾Análise de variância considerando dez tratamentos e quatro repetições. ⁽²⁾ns = nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados, ° = o modelo raiz quadrada se ajustou satisfatoriamente aos dados.

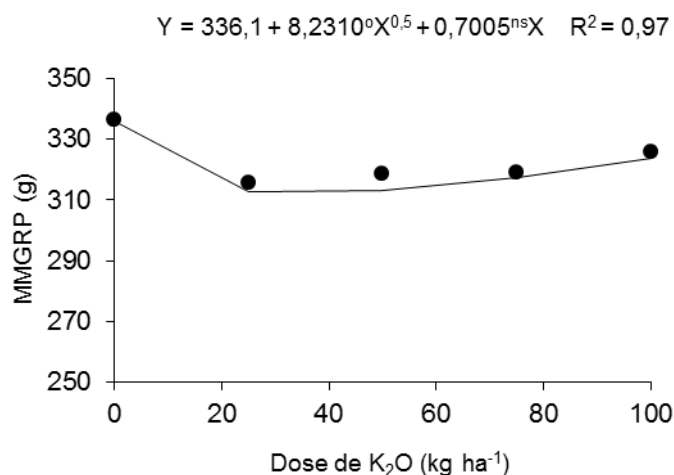


Figura 03 – Massa de mil grãos do racemo primário em função de doses de potássio aplicadas no solo.

A produtividade do racemo primário, produtividade dos racemos subsequentes, produtividade do racemo total e massa de mil grãos dos racemos subsequentes, não responderam a adubação potássica de modo que não foi possível ajustar um modelo de regressão aos dados observados (Quadro 07), as médias obtidas foram 844 kg, 1.275 kg, 2.055 Kg, 283,7 g respectivamente. Este fato, assim como foi explicado para as variáveis de crescimento, pode ter ocorrido porque o solo da área experimental já possuía teores de K₂O considerados adequados para cultura da mamoneira, e mesmo que tenham sido adicionados doses crescentes não houve influência para a produtividade da mamoneira.

Embora a produtividade dos racemos e a produtividade total tenham sido elevadas (Quadro 07), a ANAVA não foi significativa e nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados. Trabalhando com adubação na cultivar BRS Energia, Sofiatti et al. (2008) também observaram que a produção de sementes da mamoneira não foi afetada pelas doses de K.

O fato de nenhum modelo de regressão ter se ajustado aos dados pode ser justificado pelo elevado nível de fertilidade natural que o solo em questão possui. Doneda et al. (2007) avaliando a cultivar Lyra em um latossolo vermelho distrófico típico, apresentando 125 mg dm⁻³ de K, não obtiveram resposta em relação à aplicação de K. Tal resultado deve estar ligado aos teores relativamente elevadas de K no solo na implantação do experimento. Nesta condição, a resposta das

plantas à adição de fertilizante potássico é pequena, ou nula, bastando apenas adicionar as quantidades retiradas pelos grãos ou pela massa verde mais as perdas do sistema.

Vários trabalhos têm apresentado ausência de resposta das culturas a doses de potássio, mesmo quando as análises de solos apresentam baixos teores naturais desse elemento. Castilhos & Meurer (2001, 2002a) e Castilhos et al., (2002b) mostraram que a principal razão da ausência de resposta à adubação potássica se deve a presença no solo de minerais fontes de K, como a mica.

Quanto à produtividade total, Souza et al. (1979), com objetivo de elucidar aspectos relativos à adubação potássica na mamoneira, testaram cinco doses de potássio (0, 10, 20, 40 e 80 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio) e verificaram que a aplicação da maior dose proporcionou produtividade de 1.326 kg ha⁻¹, contrastando com a testemunha que produziu 991 kg há⁻¹, embora este fato não tenha ocorrido no trabalho em discussão (Quadro 07), tanto a testemunha como o tratamento com a maior dose de potássio obtiveram maior produtividade quando comparado com o autor citado acima, 2270 e 1914 kg ha⁻¹, respectivamente. A produtividade total (média de 2.055 kg ha⁻¹) alcançada neste trabalho também foi superior à produtividade indicada pela EMBRAPA (2011) para a cultivar BRS Energia que é de 1.800 kg ha⁻¹.

4.1.4. Teores de boro na planta

Os teores médios de B encontrados nas folhas da mamoneira variaram de 28,02 a 33,71 mg kg⁻¹ (Quadro 08), apresentado alta relação com as doses de boro aplicadas ao solo, de forma que foi possível ajustar um modelo linear aos dados (Figura 04). Este resultado comprova que a adição de boro ao solo proporciona maior disponibilidade deste para as plantas. Pode-se observar que quanto maior a dose de B adicionada no solo, maior o teor de B na folha da mamoneira. Este fato era de se esperar, uma vez que a adição de qualquer nutriente no solo favorece sua disponibilidade para as plantas.

Quadro 08 – Médias dos teores de boro nas folhas da mamoneira (BFO), em função de doses de boro aplicadas no solo

Dose de B	BFO
(kg ha ⁻¹)	mg kg ⁻¹
0,0	28,64
0,5	28,02
1,0	30,80
2,0	31,67
3,0	33,71
Média:	30,57
F(ANOVA) ⁽¹⁾	3,97**
CV (%):	8,0
Análise de regressão ⁽²⁾ :	*

⁽¹⁾Análise de variância considerando dez tratamentos e quatro repetições. ^{(1)**} e * = o modelo de regressão linear simples se ajustou satisfatoriamente aos dados, ao níveis de 1% de probabilidade.

4.1.5. Altura da planta, altura de inserção do racemo primário, diâmetro do caule e número de racemos por planta

Assim como ocorreu para o K, as características de crescimento avaliadas não responderam a adubação com boro (Quadro 09). As médias observadas para altura de planta, altura de inserção do racemo primário, diâmetro do caule, número de racemos por planta foram respectivamente: 1,64 m, 68,7 cm, 1,86 cm e 4,17 g. Não sendo possível ajustar um modelo de regressão aos dados. O fato de não ter havido resposta pode ser justificado pela fertilidade natural que esse solo pode apresentar em relação ao B (embora não tenha sido realizada análise química do solo antes da instalação do experimento) uma vez que nas condições estudadas este nutriente não constituiu uma limitação para o desenvolvimento da mamoneira. Também se justifica pelas diversas condições adequadas apresentadas pelo solo estudado, onde este nutriente se disponibiliza para a planta: pH alcalino, textura argilosa, presença de matéria orgânica do solo e umidade do solo. À medida que o pH se eleva, a disponibilidade do boro aumenta, e a faixa de pH adequada para a disponibilidade máxima desse nutriente está entre 5,0 e 7,0 (Oliveira et al. 2004b).

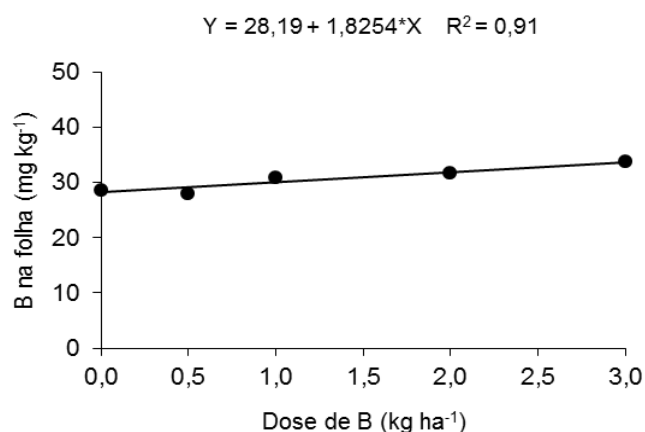


Figura 04 – Teor de boro na folha aos 47 dias após a aplicação das doses de boro no solo.

Quadro 09 – Médias de altura da planta (APL), altura de inserção do racemo primário (AIRP), diâmetro do caule (DCA), número de racemos por planta (NRP) da mamoneira, em função de doses de boro aplicadas no solo

Doses de B (kg ha ⁻¹)	APL m	AIRP cm	DCA cm	NRP und
0,0	1,64	68,3	1,97	4,43
0,5	1,60	71,2	1,83	4,05
1,0	1,67	67,8	1,82	4,48
2,0	1,66	65,7	1,89	3,78
3,0	1,63	70,5	1,82	4,13
Média	1,64	68,7	1,86	4,17
F(ANOVA) ⁽¹⁾	0,89 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,71 ^{ns}	1,39 ^{ns}
CV (%)	5,0	6,7	6,0	11,0
Análise de regressão ⁽²⁾ :	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾Análise de variância considerando dez tratamentos e quatro repetições. ⁽¹⁾ns = nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados.

4.1.6 Produtividade de grãos dos racemos primário e subsequentes, produtividade total, massa de mil grãos do racemo primário e massa de mil grãos dos racemos subsequentes

A produtividade de grãos dos racemos primário e subsequentes, a produtividade total e a massa de mil grãos do racemo primário não responderam a adubação com boro (Quadro 10).

Apenas a variável massa de mil grãos dos racemos subsequentes apresentou modelo que se ajustou aos dados ao nível de 5% de probabilidade (Quadro 10, Figura 06), entretanto, os acréscimos são muito pequenos que não alteraram a produtividade, sendo portanto, irrelevantes.

Semelhante ao que ocorreu quando da utilização do potássio, a contribuição dos racemos primário e subsequentes para a produção foram 41 e 59%, respectivamente. A produtividade total foi 1.950 kg ha^{-1} , também superior a indicada pela EMBRAPA (2011) para a cultivar BRS Energia. Isso pode ter ocorrido porque o solo trabalhado também apresenta teores de B suficientes para suprir as necessidades da mamoneira, de modo que, mesmo que se adicione doses crescentes deste nutriente não se observa efeito sobre a produção.

Entretanto, diferentemente do que ocorreu neste trabalho, Silva (2007), avaliando o efeito de doses de B em solução nutritiva verificou que a improdutividade da mamoneira foi a constatação mais evidente da deficiência de boro. A produção de frutos foi severamente prejudicada nas plantas submetidas às menores aplicações de boro, demonstrando a importância deste micronutriente na fase reprodutiva. Observou que não houve produção de frutos ou sementes nos tratamentos sem aplicação de B. Também Lange et al. (2005) constataram uma grande importância do boro para a produção da mamoneira, pois na ausência deste, ocorreu baixa formação de frutos e queda dos frutos formados. Os resultados corroboraram com Loomis & Durst (1992) que verificaram muitas espécies que a exigência de boro para o crescimento reprodutivo é maior que no crescimento vegetativo. Este fato não ocorreu no estudo em questão, pois mesmo no tratamento com dose de zero kg ha^{-1} de B, a produção foi satisfatória. Ainda segundo Silva (2007), os tratamentos com níveis tóxicos de 2,7 e $5,40 \text{ mg L}^{-1}$ de B não foram suficientes para limitar a produção da mamoneira.

Quadro 10 – Médias de produtividade de grãos dos racemos primário (PRP) e subsequentes (PRS), produtividade total (PRT), massa de mil grãos do racemo primário (MMGRP) e massa de mil grãos dos racemos subsequentes (MMGRS) da mamoneira, em função de doses de boro aplicadas no solo

Doses de B	PRP	PRS	PRT	MMGRP	MMGRS
(kg ha ⁻¹)	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g	g
0,0	802	1.144	1.947	321,9	276,2
0,5	798	1.127	1.925	322,5	284,8
1,0	842	1.283	2.125	328,7	289,4
2,0	742	1.098	1.839	328,6	287,9
3,0	814	1.173	1.916	314,3	295,0
Média	800	1.165	1.950	323,2	286,7
F(ANOVA) ⁽¹⁾	0,37 ^{ns}	1,88 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,44 ^{ns}
CV (%)	15,2	11,3	13,0	5,3	4,5
Análise de regressão ⁽²⁾ :	ns	ns	ns	ns	*

⁽¹⁾Análise de variância considerando dez tratamentos e quatro repetições. ⁽²⁾ ns = nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados. * = o modelo de regressão linear simples se ajustou satisfatoriamente aos dados.

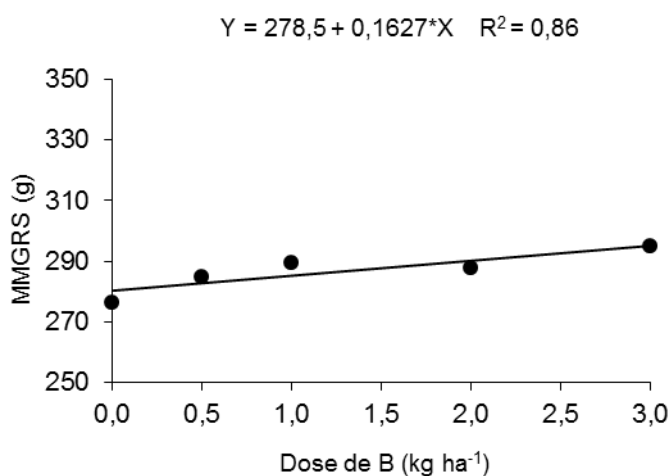


Figura 05 – Massa de mil grãos dos racemos subsequentes em função de doses de boro aplicadas no solo.

Especula-se que os sintomas de toxicidade na folha podem ocorrer sem que, necessariamente, ocorra queda na produção ou que a concentração de $5,40 \text{ mg L}^{-1}$ de B, não foi suficientemente alta a ponto de causar efeito deletério na produção de mamoneira. As doses utilizadas neste estudo não proporcionaram efeitos visuais de deficiência ou toxidez.

O B disponível para as plantas no solo representa fração pequena do B total, com teores em torno de $0,1$ a $3,0 \text{ mg kg}^{-1}$ (Dechen & Nachtigall, 2006). Abreu et al. (2007) relatam que a seca acelera o aparecimento de deficiência do B, no entanto, tende a desaparecer quando a umidade do solo é adequada. Esta tese pode explicar os dados observados no experimento, uma vez que as condições hídricas foram totalmente atendidas pelas irrigações proferidas durante todo o ciclo do cultivo, não permitindo a ocorrência de deficiência estimulada por estresse hídrico.

4.2. Resposta da mamoneira à adubação com zinco, cobre e magnésio (Experimento 02)

4.2.1. Teores de zinco, cobre e magnésio no solo e na planta

Não se observou efeito significativo do tratamento ausência de zinco em relação à testemunha (presença de zinco), tanto para teores de zinco no solo quanto na folha da mamona. Os teores encontrados no solo foram $2,05$ e $2,08 \text{ mg dm}^{-3}$ para a testemunha e o tratamento ausência de Zn, respectivamente (Quadro 11). Este resultado corroborou com o encontrado por Chaves et al. (2009a), que avaliando a resposta da mamoneira adubada com zinco e cobre, também não obtiveram efeito significativo, pois o solo utilizado para aquele estudo já apresentava 10 mg dm^{-3} de Zn, valor este considerado alto (Ribeiro et al., 1999), podendo já ser suficiente para o desenvolvimento da cultura da mamona nas condições do experimento, impedindo resposta da mesma aos tratamentos utilizados.

A média de Zn na folha quando aplicado o tratamento ausência de Zn foi de $31,45 \text{ mg kg}^{-1}$, o qual está acima do considerado como adequado por Malavolta (2006), que é de 9 mg kg^{-1} . Pode-se observar que, mesmo na ausência de aplicação de Zn, o valor apresentado na folha foi alto, pois de acordo com a literatura os teores

Quadro 11 – Médias⁽¹⁾ dos teores de zinco, cobre e magnésio no solo e nas folhas da mamoneira, em função da adubação com presença e ausência de zinco, cobre e magnésio

Tratamento	Zinco		Cobre		Magnésio	
	Solo	Folha	Solo	Folha	Solo	Folha
	mg dm ⁻³	mg kg ⁻¹	mg dm ⁻³	mg kg ⁻¹	cmol _c dm ⁻³	g kg ⁻¹
Testemunha ⁽²⁾	2,05	33,83	0,66	8,29	1,37	2,51
Ausência de Zn	2,08 ^{ns}	31,45 ^{ns}	0,83 ^{ns}	8,30 ^{ns}	1,58 ^{ns}	2,39 ^{ns}
Ausência de Cu	2,25 ^{ns}	33,60 ^{ns}	0,72 ^{ns}	8,30 ^{ns}	1,23 ^{ns}	2,31 ^{ns}
Presença de Mg	2,09 ^{ns}	39,53 ^{ns}	0,79 ^{ns}	8,70 ^{ns}	1,10 ^{ns}	2,21 [*]
F(ANOVA) ⁽³⁾	0,63 ^{ns}	1,12 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,07 ^{ns}	2,33 ^{ns}	4,80 ^{**}
CV (%)	15,9	15,8	13,8	13,8	18,0	5,5

⁽¹⁾Em cada coluna, médias assinaladas com ^{ns} não diferem da testemunha pelo teste de Dunnett a 5%. Média assinalada com * difere da testemunha pelo teste de Dunnett a 5%. ⁽²⁾Testemunha: presença de Zn e de Cu e ausência de Mg. ⁽³⁾Análise de variância considerando sete tratamentos e quatro repetições.

foliares de zinco variam de 14 mg kg⁻¹ (Hocking, 1982) a 43 mg kg⁻¹ (Souza & Natale, 1997) em plantas desenvolvidas em solo de baixa e de alta fertilidade, respectivamente. De forma semelhante, Oliveira (2004a) considera como adequados teores de Zn no limbo entre 15-40 mg kg⁻¹. Portanto, os resultados obtidos neste trabalho podem ser um indício de que este solo possui alta fertilidade natural, embora não tenha sido realizada análise química de micronutrientes anteriormente à execução do experimento.

Não ocorreu diferença estatística entre o tratamento ausência de Cu e a testemunha, tanto para Cu no solo quanto no tecido vegetal (Quadro 11). A média encontrada para Cu na folha na ausência de aplicação de Cu foi de 8,30 mg kg⁻¹, sendo superior ao nível considerado adequado por Malavolta (2006), que é de 4-6 mg kg⁻¹. Esta média ficou próximo dos teores encontrados na mamona por Paulo et al. (1989), Lange et al. (2005), Camargo & Zabini (2005) e Pacheco et al. (2006), que encontraram em folhas sadias de mamoneira 7,8, 6,0, 8,8 e 8 mg kg⁻¹ de cobre, respectivamente. No entanto, Chaves et al. (2009b), testando doses crescentes de Cu (0, 1, 2, 3 e 4 mg dm⁻³), encontraram nas folhas da mamoneira 188 BRS Paraguaçu apenas 1,4 mg kg⁻¹ de Cu, isto sugere que os teores de cobre no solo disponíveis às plantas eram baixos. O teor inicial do elemento no solo (0,2 mg dm⁻³) do trabalho citado, era baixo e mesmo somado às quantidades fornecidas através

dos tratamentos, não aumentou o suficiente para que houvesse elevadas quantidades disponíveis do elemento para as plantas. Portanto, pode-se afirmar que mesmo não tendo sido realizada análise química do solo para os micronutrientes previamente à instalação dos experimentos, conclui-se neste trabalho, a partir dos teores de Cu encontrados na folha da mamoneira ($8,30 \text{ mg kg}^{-1}$) (Quadro 11), que o solo possui elevado teor deste elemento disponível às plantas.

Quanto ao magnésio, pode-se observar que também não houve diferença significativa entre o tratamento presença de magnésio e a testemunha para os teores no solo (Quadro 11). No entanto, analisando os teores de magnésio na folha da mamona observa-se que houve diferença entre o tratamento presença de Mg e a testemunha (ausência de Mg), uma vez que os teores foliares de magnésio na folha da testemunha foram superiores aos da folha do tratamento presença de magnésio. Este fato não era esperado, e não foi encontrado na literatura explicação para teores elevados de mg na folha quando o mesmo não foi aplicado no solo, enquanto que quando foi aplicado, não se verificou aumento do teor na folha.

4.2.2. Altura da planta, altura de inserção do racemo primário, diâmetro do caule e número de racemos por planta

As variáveis de crescimento altura de planta, altura de inserção do racemo primário, diâmetro do caule, número de racemos por planta não apresentaram efeito significativo para as condições propostas de ausência de adubação com Zn e Cu e presença de adubação com de Mg (Quadro 12).

Corroborando com os resultados encontrados neste trabalho, Lange et al. (2005), em ensaio de diagnose por subtração, utilizando-se a cultivar Iris, a omissão de Cu e Zn não provocou sintomas de deficiência nem redução na produção de matéria seca total das plantas.

Chaves et al. (2009 a, b) avaliaram os efeitos da adubação mineral com os micronutrientes zinco ($0 \text{ a } 8 \text{ mg dm}^{-3}$) e cobre ($0 \text{ a } 4 \text{ mg dm}^{-3}$) sobre o desenvolvimento inicial e o estado nutricional da mamoneira em relação a esses nutrientes e concluíram que os teores de zinco não influenciaram o crescimento das plantas da mamoneira; os teores de cobre influenciaram na massa seca das

Quadro 12 – Médias⁽¹⁾ de altura da planta (APL), altura de inserção do racemo primário (AIRP), diâmetro do caule (DCA) e número de racemos por planta (NRP), da mamoneira, em função da adubação com presença e ausência de zinco, cobre e magnésio

Tratamento	APL	AIRP	DCA	NRP
	m	----- cm -----		und.
Testemunha ⁽²⁾	1,71	67,70	1,98	4,70
Ausência de Zn	1,64 ^{ns}	70,25 ^{ns}	1,93 ^{ns}	4,18 ^{ns}
Ausência de Cu	1,74 ^{ns}	72,13 ^{ns}	2,01 ^{ns}	4,23 ^{ns}
Presença de Mg	1,65 ^{ns}	66,48 ^{ns}	1,94 ^{ns}	4,28 ^{ns}
F (ANOVA) ⁽³⁾	0,41 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,78 ^{ns}
CV(%)	7,2	8,1	8,1	9,8

⁽¹⁾Em cada coluna, médias assinaladas com ^{ns} não diferem da testemunha pelo teste de Dunnett a 5%. ⁽²⁾Testemunha: presença de Zn e de Cu e ausência de Mg. ⁽³⁾Análise de variância considerando sete tratamentos e quatro repetições.

folhas e na fitomassa total da parte aérea e nas folhas e caule das plantas. Estes mesmos autores, ao estudarem as respostas da mamoneira adubada com Zn e Cu, observaram que as adubações não inferiram diferenças significativas entre os tratamentos, quando avaliada a altura das plantas.

Quanto ao diâmetro caulinar, o resultado corroborou com o encontrado pelo mesmo autor citado anteriormente, em estudos com mamoneira adubada com Cu e Zn, esta variável não foi afetada significativamente, com relação a este parâmetro de crescimento.

Como o solo em questão é derivado de calcário, e possui pH de 7,4, a disponibilidade dos micronutrientes catiônicos torna-se restrita. No entanto, segundo Raij (1991), a disponibilidade/absorção de elementos químicos do solo pode ser sentida de forma diferenciada entre as espécies, cultivares ou variedades de plantas. Neste ensaio, a mamoneira parece ter conseguido extrair os micronutrientes Zn e Cu em quantidades suficientes para atender suas necessidades, mesmo quando na ausência de adubação desses elementos.

4.2.3. Produtividade de grãos dos racemos primário e subsequentes, produtividade total, massa de mil grãos do racemo primário e massa de mil grãos dos racemos subsequentes

Assim como ocorreu para as características de crescimento, os componentes de produção também não apresentaram efeito significativo para as condições propostas de ausência de adubação com Zn e Cu e presença de adubação com Mg (Quadro 13).

A ausência de adubação com Zn e Cu não proporcionou efeito sobre os componentes de produção, provavelmente devido à disponibilidade natural destes nutrientes em quantidades adequadas. Embora o Cambissolo estudado possua pH com reação alcalina, que apresenta impedimento para a maior disponibilidade de micronutrientes metálicos para as plantas, mesmo assim a mamoneira extraiu tais elementos, satisfazendo suas necessidades para atender suas funções. Pois segundo Raij (1991), a variabilidade de comportamento das plantas em relação aos efeitos da acidez do solo não permite generalizações e dificulta bastante o estabelecimento de faixas de pH adequadas para as diversas culturas, no pH de 7,4 a mamoneira conseguiu extrair os nutrientes em quantidades adequadas.

4.3. Resposta da mamoneira à adubação nitrogenada utilizando fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura

4.3.1. Teores de nitrogênio e enxofre na planta

A média do teor de N na planta em função das fontes de N aplicado na adubação de plantio, primeira e segunda cobertura, foi de $42,2 \text{ g kg}^{-1}$, não apresentando diferença significativa entre os tratamentos (Quadro 14), apesar disso, o teor foliar é considerado adequado, pois de acordo com Malavolta (2006), o teor de N no tecido vegetal da mamoneira deve estar entre $40\text{-}50 \text{ g kg}^{-1}$.

Existem questionamentos quanto à utilização das fontes de nitrogênio, uréia e sulfato de amônio em solo alcalino. Sabe-se que as perdas elevadas de N por volatilização da amônia em solos alcalinos são elevadas principalmente quando se utiliza uréia como fonte de nitrogênio, sendo mais recomendado que se utilize neste caso o sulfato de amônio, no entanto, esta fonte tem custo muito elevado.

Quadro 13 – Médias⁽¹⁾ de produtividade de grãos dos racemos primário (PRP) e subsequentes (PRS), produtividade total (PRT), massa de mil grãos do racemo primário (MMGRP) e massa de mil grãos dos racemos subsequentes (MMGRS) da mamoneira, em função da adubação com presença e ausência de zinco, cobre e magnésio

Tratamento	PRP	PRS	PRT	MMGRP	MMGRS
	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g	g
Testemunha ⁽²⁾	837	1.268	2.106	318,8	291,3
Ausência de Zn	752 ^{ns}	1.245 ^{ns}	1.997 ^{ns}	327,7 ^{ns}	295,6 ^{ns}
Ausência de Cu	869 ^{ns}	1.238 ^{ns}	2.107 ^{ns}	329,8 ^{ns}	299,7 ^{ns}
Presença de Mg	805 ^{ns}	1.091 ^{ns}	1.896 ^{ns}	336,4 ^{ns}	271,3 ^{ns}
F (ANOVA) ⁽³⁾	0,89 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,70 ^{ns}
CV(%)	9,5	13,8	9,6	5,8	9,4

⁽¹⁾Em cada coluna, médias assinaladas com ns não diferem da testemunha pelo teste de Dunnett a 5%.

⁽²⁾Testemunha: presença de Zn e Cu e ausência de Mg. ⁽³⁾Análise de variância considerando sete tratamentos e quatro repetições.

Quadro 14 – Médias⁽¹⁾ dos teores de nitrogênio (NFO) e enxofre (SFO) nas folhas da mamoneira, em função da adubação nitrogenada, utilizando fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura

Fonte de N utilizada ⁽²⁾			NFO	SFO
Plantio	1ª Cobertura	2ª Cobertura		
			-----g kg ⁻¹ -----	
U	SA	SA	42,6 a	1,98 a
U	SA	U	40,7 a	2,12 a
U	U	U	43,6 a	2,03 a
SA	SA	SA	41,7 a	2,31 a
Média			42,2	2,10
F(ANOVA) ⁽³⁾			1,31 ^{ns}	2,61 ^{ns}
CV%			10,1	8,3

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5%.

⁽²⁾U= Uréia; SA= Sulfato de amônio. ⁽³⁾Análise de variância considerando sete tratamentos e quatro repetições.

Contudo, percebe-se que os teores não diferiram, mesmo quando da utilização de uréia, apenas (Quadro 14).

As perdas por volatilização são mais intensas quando a fonte nitrogenada é a uréia, que é o fertilizante nitrogenado mais empregado na agricultura brasileira (Barbosa Filho & Silva, 2001). Plantas adubadas com uréia apresentam menor absorção de N, devido, possivelmente, às perdas de NH_3 por volatilização (Cantarella, et al.2001a). Nesse sentido, uma das alternativas indicadas seria a utilização de fontes menos sujeitas a perdas por volatilização, como o sulfato de amônio, para o fornecimento do N em cobertura (Costa et al., 2003).

A forma de aplicação do adubo também influencia bastante na perda de amônia para atmosfera. Segundo Novais et al. (2007), vários autores brasileiros têm relatado altas perdas de N por volatilização de NH_3 , quando a uréia é aplicada na superfície dos solos: a saber 20 a 40% do N aplicado em cana-de-açúcar (Cantarella et al., 1999; Vitti, 2003), 16 a 44% do N em citros (Cantarella et al., 2003), 16 a 61% em pastagens (Cantarella et al., 2001a,b) ou até muito maiores, como os resultados de Lara Cabezas et al. (1997a,b, 2000), que mostraram perdas que variam de 40 a 78% do N aplicado na superfície do solo.

Para evitar perdas de N, além de ser coberto com solo, o mesmo deve ser aplicado parceladamente, pois, se o N mineral estiver disponível precocemente, podem ocorrer perdas do nutriente por lixiviação de NO_3^- e, ou, desnitrificação (Rosecrance et al., 2000). Essas medidas foram adotadas na execução deste trabalho. Por outro lado, se a liberação do N for excessivamente tardia, poderá haver prejuízos na produtividade das culturas (Huntington et al., 1985).

Para o teor médio do enxofre encontrado no tecido vegetal da mamoneira também não houve diferença estatística (Quadro 14). No entanto, os teores encontrados neste trabalho estão aquém do valor considerado adequado por Malavolta (2006) para a cultura da mamoneira que é de $3,4 \text{ g kg}^{-1}$. Esperava-se que o teor de S nas folhas da mamoneira diferisse estatisticamente dos demais tratamentos, especialmente quando da utilização de apenas sulfato de amônio como fonte de N, uma vez que sulfato de amônio além de fornecer N, também fornece S.

4.3.2. Altura da planta, altura de inserção do racemo primário, diâmetro do caule, número de racemos por planta

As médias observadas para altura de planta, altura de inserção do racemo primário, diâmetro do caule e número de racemos por planta, em função da fonte de nitrogênio utilizada no plantio, primeira e segunda cobertura, não diferiram estatisticamente entre os tratamentos testados (Quadro 15). A média entre estas foi de 1,66 m, 69 cm, 1,93 cm e 4,44 racemos por planta respectivamente.

Em trabalho com girassol, Queiroga (2011) também não encontrou efeito significativo para as variáveis altura de planta, diâmetro do caule, diâmetro do capítulo, massa de mil grãos e produtividade na cultura do girassol, neste mesmo solo e com a utilização dos mesmos tratamentos.

Este fato pode ter ocorrido devido a incorporação do adubo uréia no solo, a 5 m de profundidade, fazendo com que as perdas de N diminuíssem ao ponto de não haver diferença entre as fontes utilizadas.

4.3.3. Produtividade de grãos dos racemos primário e subsequentes, produtividade total, massa de mil grãos do racemo primário e massa de mil grãos dos racemos subsequentes

Os componentes de produção, produtividade do racemo primário, produtividade dos racemos subsequentes, massa de mil grãos do racemo primário e massa de mil grãos dos racemos subsequentes não apresentaram diferença estatística quando do parcelamento e da utilização de fontes de N utilizadas na adubação, com uma média geral de 817,7, 1195,2 e 2022,9 kg ha⁻¹ e 327,05 e 293,9 g, respectivamente (Quadro 16).

Como explicado anteriormente, o fato de não haver diferença entre a utilização das fontes de N, pode ser justificado pelo parcelamento da adubação nitrogenada em três vezes, uma adubação de plantio e duas de cobertura, fazendo com que houvesse uma maior disponibilidade de nitrogênio ao longo de todo o ciclo de cultivo. E também pela acurácia de se incorporar as fontes de N, no solo, a 5 cm de profundidade, prática muito importante, principalmente para o adubo uréia, uma vez que este, quando aplicado na superfície do solo perde-se rapidamente por volatilização da amônia.

Quadro 15 – Médias⁽¹⁾ de altura da planta (APL), altura de inserção do racemo primário (AIRP), diâmetro do caule (DCA) e número de racemos por planta (NRP) da mamoneira, em função da adubação nitrogenada, utilizando fontes aplicadas no plantio e em cobertura

Fonte de N utilizada ⁽²⁾			APL	AIRP	DCA	NRP
Plantio	1 ^a Cobertura	2 ^a Cobertura				
			m	cm	cm	un
U	SA	SA	1,70 a	67,7 a	1,98 a	4,70 a
U	SA	U	1,68 a	67,8 a	1,92 a	4,47 a
U	U	U	1,64 a	73,1 a	1,88 a	3,93 a
SA	SA	SA	1,65 a	67,2 a	1,96 a	4,70 a
Média			1,66	69,0	1,93	4,44
F(ANOVA) ⁽³⁾			0,41 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,78 ^{ns}
CV%			7,2	8,1	8,1	9,8

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5%.

⁽²⁾U= Uréia; SA= Sulfato de amônio. ⁽³⁾Análise de variância considerando sete tratamentos e quatro repetições.

Quadro 16 – Médias⁽¹⁾ de produtividade de grãos dos racemos primário (PRP) e subsequentes (PRS), produtividade (PRT), massa de mil grãos do racemo primário (MMGRP) e massa de mil grãos dos racemos subsequentes (MMGRS) da mamoneira, em função da adubação nitrogenada utilizando fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura

Fonte de N utilizada ⁽²⁾			PRP	PRS	PRT	MMGRP	MMGRS
Plantio	1 ^a Cobert.	2 ^a Cobert.					
			kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g	g
U	SA	SA	837 a	1.268 a	2.106 a	319 a	291 a
U	SA	U	828 a	1.159 a	1.987 a	327 a	297 a
U	U	U	811 a	1.122 a	1.933 a	327 a	305 a
SA	SA	SA	795 a	1.231 a	2.026 a	335 a	383 a
Média			818	1.195	2.023	327	294
F(ANOVA) ⁽³⁾			0,89 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,70 ^{ns}
CV%			9,5	13,9	9,6	5,8	9,3

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5%.

⁽²⁾U= Uréia; SA= Sulfato de amônio. ⁽³⁾Análise de variância considerando sete tratamentos e quatro repetições.

Esperava-se encontrar diferenças quanto aos aspectos de produção em relação às fontes de nitrogênio aplicadas ao solo, pois como já foi explicado anteriormente, a utilização de N na forma de uréia em solos alcalinos ou com $\text{pH} > 7$ está sujeita a perdas de NH_3 por volatilização, comprometendo a produção. Por outro lado, pouca ou nenhuma perda de NH_3 ocorre quando fertilizantes amoniacais de reação ácida ou neutra, como o sulfato ou o nitrato de amônio, são aplicados a solos neutros ou ácidos, visto que o amônio permanece na forma iônica e estável.

5. CONCLUSÕES

A mamoneira praticamente não respondeu à adubação com potássio e boro, com resposta apenas para a massa de mil grãos do racemo primário, que aumentou com o aumento das doses de potássio, e para a massa de mil grãos dos racemos subsequentes, que aumentaram com o acréscimo das doses de boro.

Os tratamentos com presença e ausência de zinco, cobre e magnésio não influenciaram os teores desses nutrientes na planta no crescimento e nem a produção da mamoneira.

As fontes de nitrogênio, uréia, sulfato de amônio ou a combinação entre ambas, aplicadas no plantio e, ou, em cobertura, incorporada, não influenciou o teor de nitrogênio e de enxofre na planta, as variáveis de crescimento e tampouco a produção.

Nas condições experimentais, a produtividade média da mamoneira foi 2.019 kg ha⁻¹ de grãos, sem necessitar de adubação com potássio, boro, cobre, zinco e magnésio, e utilizando, indistintamente, a uréia ou sulfato de amônio como fonte de nitrogênio para adubação de plantio e, ou, de cobertura, incorporada a 5 cm de profundidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A.C. de.; LOPES, A.S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. eds. Fertilidade do Solo. Viçosa, SBCS, 2007. p. 471-550.

AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; LIMA, E. F. V. Recomendações técnicas para o cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) no Brasil. Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 1997. 52p. (EMBRAPA – CNPA. Circular Técnica, 25).

BARBOSA FILHO, M.P.; SILVA, O.F. Adubação de cobertura do feijoeiro irrigado com uréia fertilizante em plantio direto: um ótimo negócio. Informações Agronômicas, v. 93, p. 1-5, 2001.

BARROS JUNIOR, G. Efeito do conteúdo de água do solo, monitorado com TDR, sobre o desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamona. 2007. 153 f. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. (Tese de Doutorado)

BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, I. C. Os múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e a importância do seu cultivo no Brasil. Fibras e Óleos, Campina Grande, n. 31, p. 7, 1999.

BELTRÃO, N. E. M. Crescimento e desenvolvimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.). Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2002.4p. (EMBRAPA-CNPA. Comunicado técnico, 146).

BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G.D.;SEVERINO, L. S. Sistema de produção para a cultura da mamona na agricultura familiar do semi-árido nordestino. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. (Folder)

BELTRÃO, N.E.M.; CARTAXO, W.V.; PEREIRA, S.R.P.; SOARES, J.J. & SILVA, O.R.R. O cultivo sustentável da mamona no Semi-Árido Brasileiro. Campina Grande. Embrapa Algodão, 2006. 24p. (Circular Técnica, 84)

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M.P. de. O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

BOARETTO, R.M. Boro (^{10}B) em laranja: absorção e mobilidade. 2006. 120p. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. (Tese de Doutorado).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica, DNPEA. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte. Recife, Convênio MA/ DNPES-SUDENE/DRN, MA/USAID/BRASIL. 1971. 530p. (Boletim Técnico, 21).

CAMACHO, R.; MALAVOLTA, E.; GUERRERO – ALVES, J.; CAMACHO, T. Vegetative growth of grain sorghum in response to phosphorus nutrition. *Scientia Agrícola*, 59: 771 – 776, 2002.

CAMARGO, A.P.M.; ZABINI, A.V. Diagnóstico nutricional da mamoneira em resposta a adubação foliar no oeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2., 2005. Varginha. Resumos Expandidos...Lavras: UFLA, 2005. CD Rom.

CANECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E.S. Adubação da mamoneira: experiências preliminares. *Bragantia*, v. 17, p. 243-259, 1958.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. eds. Fertilidade do Solo. Viçosa, SBCS, 2007. p. 375-449.

CANTARELLA, H.; ROSSETO, R.; BARBOSA, W.; PENNA, M.J. & RESENDE, L.C.L. Perdas de N por volatilização da amônia e resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada em sistema de colheita de cana sem queima prévia. In: Congresso Nacional da STAB, 7., Londrina, 1999. Anais. Piracicaba, Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1999. P.82-87.

CANTARELLA, H.; CORRÊA, L.; PRIMAVESI, A.C.; FREITAS, A.R.; SILVA, A.G. Ammonia losses by volatilization from coastcross pasture fertilized with two nitrogen sources. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. Proceedings. Piracicaba: FEALQ, 2001a. p.190-192.

CANTARELLA, H.; CORRÊA, L.; PRIMAVESI, A.C.; FREITAS, A.R.; SILVA, A.G. Perdas diárias de amônia por volatilização, de duas fontes de adubo nitrogenado aplicadas na superfície de pastagem de capim Coastcross (*Cynodon dactylon* cv. Coastcross). REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. Anais. Brasília, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001b. p.330-331.

CANTARELLA, H.; MATTOS Jr. D.; QUAGGIO, J.A. & RIGOLIN, a. t. Fruit yield of Valencia sweet Orange fertilized with different sources and the loss of applied N. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 67: 215-223, 2003.

CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F.; MARTINEZ, H.E.P. & NOVAIS, R.F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C. (eds) Fertilidade do Solo. Viçosa, SBCS, 2007. p. 769-850.

CASTILHOS, R.M. & MEURER, E.J. Cinética de liberação de potássio em Planossolo do Estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, 32: 979-983, 2001.

CASTILHOS, R.M. & MEURER, E.J. Suprimento de potássio de solos do Rio Grande do Sul para arroz irrigado por alagamento. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26:977-982, 2002a.

CASTILHOS, R.M.; MEURER, E.J.; KAMPF, N. & PINTO, L.F.S. Mineralogia e fontes de potássio em solos no Rio Grande do Sul cultivados com arroz irrigado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26:191-199, 2002b.

CFSEMG. Sugestões de adubação para grandes culturas anuais ou perenes: Mamona. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V., V.H. (eds.) *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa, CFSEMG, 1999. p.311.

CHAVES, L. H. G. et al. Resposta da mamoneira adubada com zinco e cobre. *Engenharia Ambiental - Pesquisa e Tecnologia*, 6: 306-319, 2009a.

CHAVES, L. H. G. et al. Efeito de zinco e cobre no estado nutricional da mamoneira, BRS 188 Paraguaçu. *Revista Caatinga*, 22, n. 4:129-135, 2009b.

COELHO, I. Avaliação das exportações tradicionais baianas: caso de sisal e mamona. 1979. 174 p. Universidade Federal da Bahia, Salvador. (Tese de Mestrado).

CONAB. Produção mundial de mamona. CONAB 2011, Conjuntura Mensal. Disponível em http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_09_22_11_31_10_mamonasetembro2011..pdf. Acesso em 28 de março de 2012.

COSTA, M.C.G.; VITTI, G.C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 631-637, 2003.

DECHEN, A.R. & NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.S. ed. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, SBCS, 2006. p. 327-354.

DONEDA, A. GIACOMINI S. J. , AITA C., SILVA, S. D. (3), SANTOS G.F (4), WEILER A. D, LONGHI R. SCHMALZ C.R. Resposta da Cultura da Mamona (*Ricinus communis* L.) a Doses de N, P e K em Sistema Plantio Direto no Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Gramado – RS. 2007. Resumos.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Avaliação de procedimento de extração e determinação de boro em amostras de solo. São Carlos, SP, Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. 41p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 5).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Algodão, CNPA - (Campina Grande, PB). Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/cultivares.html> Acesso em: novembro de 2011.

ERNANI, P.R.; DIAS, J. & FLORE, J.A. Annual additions of potassium to the soil increased apple yield in Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.*, 33:1291-1304, 2002.

ERNESTO SOBRINHO, F. Caracterização, Gênese e Interpretação para Uso de Solos Derivados de Calcário da Região da Chapada do Apodi Rio Grande do Norte. Universidade Federal de Viçosa. 1980. 133p. (Tese de Mestrado).

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; SANTOS, A. C. M.; XAVIER, R. M.; SEVERINO, L. S.; BEL-TRÃO, N. E. M.; DANTAS, J.P.; MORAES, C. R. A. Deficiência de enxofre e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. Anais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM.

GOMES, R.V. & COUTINHO, J.L.B. Recomendações de calcário e fertilizantes: Pernambuco: 2ª aproximação. Recife, IPA, 1998. p.155.

HADDAD, K. S.; KALDOR, C. J. Effect of parent material, natural available soil boron, and applied boron and lime on the growth and chemical composition of lucerne on some acidic soils of the central Tablelands of New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 22, n. 117: 317-323, 1982.

HOCKING, P.J. Accumulation and distribution of nutrients in fruits of castor bean (*Ricinus communis* L.). *Annals of Botany*, 49: 51- 62, 1982.

HUNTINGTON, T.G.; GROVE, J.H.; FRYE, W.W. Release and recovery of nitrogen from winter annual cover crops in no-till corn production. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 16:193-211, 1985.

IBGE. Perfil dos municípios brasileiros. Pesquisa de informações básicas municipais 2008. Rio de Janeiro, Departamento de População e Indicadores Sociais, 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em Novembro de 2010.

IBGE. Produção da mamona em 2011. Disponível em:<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric>>. Acesso em 24 fevereiro. 2012.

KAPPES, C.; GOLO, L.A.; CARVALHO, de M.A.C. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agrônômicas e na qualidade de sementes de soja. *Scientia Agraria*, 9, n. 3:291-297, 2008.

LANGE, A. et al. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40, n.1:61-67, 2005.

LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDORFER, G.H & MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH₃ na cultura do milho: Efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21:421-487, 1977a.

LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDORFER, G.H & MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH₃ na cultura do milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 24:363-376, 1977b.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KORNDORFER, G.H & PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). Revista Brasileira de Ciência do Solo, 24:363-376, 2000.

LINS, E. de C. Efeito da ordem de racemo nas características das sementes de mamona, *Ricinus communis* L. 1976. 62f. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. (Dissertação de Mestrado).

LOOMIS, W.D.; DURST, R.W. Chemistry and biology of boron. Bio Factors, Oxford, 3. n. 4:229-239, 1992.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

MALAVOLTA, E. ABC da análise de solo e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação. São Paulo, Agronômica Ceres, 1992, 127 p.

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

MALAVOLTA, E. Potássio – Absorção, transporte e redistribuição na planta. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L., (ed). Potássio na agricultura Brasileira. Piracicaba, 2005. p.179-238.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MATOH, T. Boron in plant cell walls. Plant and Soil, v. 193, n. 1-2, p. 59-70, 1997.

MAZZANI, B. Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas. Caracas: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1983. 71p.

MELHORANÇA, A.L.; STAUT, L.A. Indicações técnicas para a cultura da mamona no Mato Grosso do Sul. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 65p.

MOREIRA, L.G. Respostas da mamoneira a lâminas de irrigação, ao número de dias com irrigação e à aplicação de nitrogênio. Fortaleza, 2008. 98p. (Dissertação Mestrado).

NACHTIGALL, G.R.; VAN RAIJ, B. Análise e interpretação do potássio no solo. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, 2005. p.93-118.

NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A. M.L. Marcha de absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivar Campinas. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 28:323-33, 1971.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. Fósforo em solos e planta em condições tropicais. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999, 399 p.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.H.V.; BARROS, de. F.N.; FONTES, F.L.R.; CANTARUTTI, B.R.; NEVES. L.C.J. Fertilidade do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa – Minas Gerais. 2007.

OLIVEIRA, I. P. de, FAGERIA, N. K, THUNG. M. Produção de sementes sadias de feijão comum em várzeas tropicais. Embrapa Arroz e Feijão. Sistemas de produção, n° 4. Dez. 2004a.

OLIVEIRA, S.A. Análise foliar. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: Correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004b. p. 245-256.

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.

PACHECO, D. D. et al. Diagnóstico nutricional para micronutrientes em mamona adubada com NPK em solo de chapada da Bacia do Rio do Jequitinhonha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006. Aracajú. Anais. Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006. CD Rom.

PARRY, M. M.; KATO, M.S.A.; CARVALHO, J. G. de. Macronutrientes em caupi cultivado sob duas doses de fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. Revista Brasileira de Zootecnia, 31, n.2:605-616, 2002.

PAULO, E.M. et al. Deficiência de boro na mamona. Bragantia, 48: 241-247, 1989.

QUEIROGA, F.M de. Resposta da cultura do girassol a doses de potássio, magnésio, boro, zinco, cobre e a fontes de nitrogênio. Universidade Federal do Semi-Árido - UFERSA, 2011. 71p. (Tese de Mestrado).

RAIJ, B.Van. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo. Ceres, 1991. 343p.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, H.C.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, AM. C.; Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Instituto Agrônomo e Fundação IAC, Campinas. 285 p. 1996. (Boletim Técnico, 100).

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359p.

RIBEIRO, S. CHAVES, L. H. G. GUERRA, H. O. C. GHEYSS. H. R & LACERDA., R. D. Resposta da mamoneira cultivar BRS-188 Paraguaçu à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. Revista Ciência Agronômica, 40, n. 4: 465-473, 2009.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Análises estatísticas no SAEG. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 301 p.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. Potafós: Informações Agronômicas, São Paulo, n. 103, arquivo do agrônomo. 15, setembro de 2003.

ROSECRANCE, R.C.; McCARTY, G.W; SHELTON, D.R.; TEASDALE, J.R. Denitrification and N mineralization from hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) and rye (*Secale cereale* L.) cover crop monocultures and bicultures. Plant Soil, 227: 283-290, 2000.

ROSOLEM, C.A. Interação do potássio com outros íons. In: YAMADA, T. & ROBERTS, T.L., ed. Potássio na agricultura Brasileira. Piracicaba, 2005. p.239-260.

SANTOS, A. C. M.; FERREIRA, G. B.; XAVIER, R. M.; FERREIRA, M. M. M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; DANTAS, J. P.; MORAES, C. R. A. Deficiência de cálcio e magnésio na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. Anais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004a. CD- ROM.

SANTOS, A. R. et al. Boron nutrition and yield of alfafa cultivar crioula in relation to boron supply. Scientia Agricola, 61, n. 5: 496-500, 2004b.

SAVY FILHO, A.; BANZATTO, N. V. O mercado está para a mamona. Casa da Agricultura, 5, n. 5:12-15, 1983.

SAVY FILHO, A. Leguminosas e Oleaginosas: Mamona. In: Raij, B. Van; Cantarella, H.; Quaggio, J.A.; Furlani, A.M.C. (eds.) Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. p. 201. (Boletim Técnico, 100)

SAVY FILHO, A. Mamona tecnologia agrícola, Campinas: EMOPIM 2005.105 p.

SEVERINO, L.S; MORAES, C.R. de; FERREIRA, B.G; CARDOSO, G.D; BELTRÃO, E.M. de; VIRIATO, J.R. Adubação química da mamoneira com NPK e Micronutrientes em Assú-RN. I Congresso Brasileiro de Mamona. Campina Grande – PB. 2004.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G.B; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; CARDOSO, G.D.; CASTRO, D. A.; BELTRÃO, N.E.M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41, n. 4: 563-568, 2006.

SILVA, D.H.da. Boro em mamoneira: aspectos morfológicos e fisiológicos relacionados à deficiência e toxicidade. Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2007. 103p. (Tese de Mestrado).

SILVA, S. D. dos A. et al. A cultura da mamona no Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 115p. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de Produção, 11).

SILVA, A.R da C. Adubação nitrogenada e fosfatada da cultura da mamoneira no município de Mossoró-RN. Universidade Federal do Semi-Árido - UFERSA, 2010. 59p. (Tese de Mestrado).

SOFIATTI, V.; SEVERINO, L.S.; GONDIM, T.M.S., FREIRE, M.A.O.; SAMPAIO, L.R.; VALE, L.S.; LUCENA, A.M.A. & SILVA, D.M.A. Adubação da Cultivar BRS Energia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA. 3., Salvador, 2008. Anais. Salvador, Energia e Ricinoquímica, 2008. p.68

SOUSA, D.M.G & LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D.M.G & LOBATO, E. (eds) Cerrado: correção do solo e adubação. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 283 315.

SOUZA, E.A.; LEITE, E.R.G.; PIZA, O.T.; FERREIRA, M.E. Efeitos da fertilização potássica na mamoneira (*Ricinus communis* L.). Científica, 7(1): 69-71, 1979.

SOUZA, E.C.A.; NATALE, W. Efeito do boro e do zinco na cultura da mamoneira. Científica, São Paulo, 25, n.2:327-333, 1997.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2. (ed). Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Recomendações de adubação e Calagem para o estado do Ceará. Fortaleza, UFC, 1993. 247p.

VIEIRA, R. de M.; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S. Diagnóstico e perspectivas da mamoneira no Brasil. In: REUNIÃO TEMÁTICA MATÉRIAS-PRIMA OLEAGINOSAS NO BRASIL: DIAGNÓSTICO, PERSPECTIVAS E PRIORIDADES DE PESQUISA, 1997, Campina Grande. Anais... Campina Grande: EMBRAPA – CNPA: MAA: ABIOVE, 1997. P. 139-150. (EMBRAPA – CNPA. Documentos, 63).

VIJAYA KUMAR, P.; RAMAKRISHNA, Y. S.; RAMANA RAO, B. V.; Victor, U.S.; SRIVASTAVA, N. N. & SUBBA RAO A. V. M. Influence of moisture, thermal and photoperiodic regimes on the productivity of castor beans (*Ricinus communis* L.). Agricultural and Forest Meteorology, 88:279-289, 1997.

VITTI, A.C. Adubação nitrogenada da cana-de-açúcar (soqueira) colhida mecanicamente sem a queima prévia: Manejo e efeito na produtividade. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 2003. 114p. (Tese de Doutorado).

APÊNDICE

Quadro 01 A – Resumo da análise de variância para os teores de potássio no solo e nas folhas e de boro nas folhas da mamoneira, em função de doses de potássio e de boro aplicadas no solo

F.V	G.L	Quadrado médio		
		K no solo	K na folha	B na folha
Bloco	3	2.148,025583	3,120349	6,528822
Tratamento	9	541,862917	11,707600	26,004368
Resíduo	27	779,001509	2,306623	6,558791
C.V (%)	-	10,1	8,5	8,0
F	-	0,694 ^{ns}	5,075 ^{**}	3,965 ^{**}

Quadro 02 A – Resumo da análise de variância para a altura da planta (APL), altura de inserção do racemo primário (AIRP), diâmetro do caule (DCA) e número de racemos por planta (NRP) da mamoneira, em função de doses de potássio e de boro aplicadas no solo

F.V	G.L	Quadrado médio			
		APL	AIRP	DCA	NRP
Bloco	3	0,005993	5,381667	0,037229	0,346000
Tratamento	9	0,006477	9,645111	0,022768	0,320667
Resíduo	27	0,007162	21,363704	0,013316	0,230815
C.V (%)	-	5,0	6,8	6,0	11,1
F	-	0,892 ^{ns}	0,451 ^{ns}	1,713 ^{ns}	1,389 ^{ns}

Quadro 03 A – Resumo da análise de variância para produtividade dos racemos primário (PRP) e subsequentes (PRS), produtividade total (PRT), massa de mil grãos do racemo primário (MMGRP) e massa de mil grãos dos racemos subsequentes (MMGRS) da mamoneira, em função de doses de potássio e de boro aplicadas no solo

F.V	G.L	Quadrado médio				
		PRP	PRS	PRT	MMGRP	MMGRS
Bloco	3	5.329,800000	129.791,900000	65.088,225000	607,175000	384,168917
Tratamento	9	5.800,733	35.650,122	78.888,858	182,611	239,441
Resíduo	27	15.661,762963	8.966,603704	66.432,095370	296,055185	165,907620
C.V (%)	-	15,2	11,3	12,9	5,3	4,6
F		0,372 ^{ns}	1,879 ^{ns}	1,189 ^{ns}	0,617 ^{ns}	1,444 ^{ns}

Quadro 04 A – Resumo da análise de variância para os teores de zinco, cobre e magnésio no solo, em função da adubação com presença e ausência de zinco, cobre e magnésio e da adubação nitrogenada utilizando fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura

F.V	G.L	Quadrado médio		
		Zinco	Cobre	Magnésio
Bloco	3	0,30289881	0,01397500	0,05903810
Tratamento	6	0,07219048	0,01340357	0,11924167
Resíduo	18	0,11485714	0,01110833	0,05117976
C.V (%)	-	16,0	13,8	18,0
F	-	0,63 ^{n.s}	1,21 ^{n.s}	2,33 ^{n.s}

Quadro 05 A – Resumo da análise de variância para os teores de zinco, cobre e magnésio nas folhas da mamoneira, em função da adubação com presença e ausência de zinco, cobre e magnésio e da adubação nitrogenada utilizando fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura

F.V	G.L	Quadrado médio		
		Zinco	Cobre	Magnésio
Bloco	3	38,7284238	0,10747024	0,00495595
Tratamento	6	31,6783333	0,08758929	0,07759048
Resíduo	18	28,4011460	1,17997024	0,01620317
C.V (%)	-	15,9	12,9	5,1
F	-	1,12 ^{n.s}	0,07 ^{n.s}	4,79 ^{**}

Quadro 6A – Resumo da análise de variância para a altura da planta (APL), altura de inserção do racemo primário (AIRP), diâmetro do caule (DCA), número de racemos por planta (NRP) e peso do racemo primário (PRP), para a cultura da mamona, em função da adubação com presença e ausência de zinco, cobre e magnésio e da adubação nitrogenada utilizando fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura (Experimento 2)

F.V	G.L	Quadrado médio			
		APL	AIRP	DCA	NRP
Bloco	3	0,00423333	25,9019048	0,04280357	0,08222262
Tratamento	6	0,00594524	27,0780952	0,00696190	0,32750833
Resíduo	18	0,01437222	31,7630159	0,02497302	0,18388929
C.V (%)	-	7,2	8,1	8,1	9,8
F	-	0,41 ^{n.s}	0,85 ^{n.s}	0,28 ^{n.s}	1,78 ^{n.s}

Quadro 07 A – Resumo da análise de variância para produtividade de grãos dos racemos primário (PRP) e subsequentes (PRS), produtividade total (PRT), massa de mil grãos do racemo primário (MMGRP) e massa de mil grãos dos racemos subsequente (MMGRS) da mamoneira, em função da adubação com presença e ausência de zinco, cobre e magnésio e da adubação nitrogenada utilizando fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura

F.V	G.L	Quadrado médio				
		PRP	PRS	PRT	MMGRP	MMGRS
Bloco	3	21.579,71429	69.794,9048	62.427,7500	52,9841667	166,604167
Tratamento	6	5.347,07143	19.002,4048	25.498,4048	137,7022619	521,581548
Resíduo	18	6.037,5476	27.196,8492	37.408,611	370,356389	746,68028
C.V (%)	-	9,5	13,9	9,6	5,8	9,3
F	-	0,89 ^{n.s}	0,70 ^{n.s}	0,68 ^{n.s}	0,37 ^{n.s}	0,70 ^{n.s}

Quadro 08 A – Resumo da análise de variância para os teores de nitrogênio e de enxofre nas folhas da mamona, em função da adubação com presença e ausência de zinco, cobre e magnésio e da adubação nitrogenada utilizando fontes de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura

F.V	G.L	Quadrado médio	
		Nitrogênio	Enxofre
Bloco	3	10,7237845	0,00174286
Tratamento	6	22,4986643^{n.s}	0,08356429*
Resíduo	18	17,1798595	0,03199286
C.V (%)	-	10,1	8,3
F	-	1,31 ^{ns}	2,61 ^{ns}

