

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MESTRADO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**RESPOSTA DA MAMONA, CULTIVAR BRS - 188 PARAGUAÇU,
À APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO**

DISSERTAÇÃO

SUSANE RIBEIRO

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
JULHO 2008**

**SUSANE RIBEIRO
ENGENHEIRA AGRÍCOLA**

**RESPOSTA DA MAMONA, CULTIVAR BRS-188 PARAGUAÇU,
À APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de
Concentração em Irrigação e Drenagem, do
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da
Universidade Federal de Campina Grande, em
cumprimento às exigências para obtenção do
título de Mestre em Engenharia Agrícola.**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Engenharia de Irrigação e Drenagem

ORIENTADORES: Profa. Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves

UFCG/CTRN/DEAg

Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra

UFCG/CTRN/DEAg

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
JULHO - 2009**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

R484r

2008 Ribeiro, Susane.

Resposta da mamona, cultivar BRS - 188 Paraguaçu, à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio /Susane Ribeiro. - Campina Grande, 2008. 81 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Prof^ª. Dr^ª. Lúcia Helena Garófalo Chaves; Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra.

1. *Ricinus communis* L. 2. Nutrição Mineral. I. Título.

CDU 633.912(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

SUSANE RIBEIRO

RESPOSTA DA MAMONA, CULTIVAR BRS 188 PARAGUAÇU A APLICAÇÃO DE
NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO

BANCA EXAMINADORA

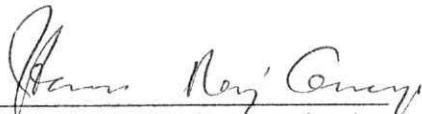
PARECER


Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves - Orientadora

Aprovada


Dr. Hugo Orlándo Carvalho Guerra - Orientador

Aprovado


Dr. Hans Raj Gheyi - Examinador

Aprovado


Dr. Genival de Barros Júnior - Examinador

APROVADA

JULHO - 2008

OFEREÇO E DEDICO

A meu pai, Cícero, que, apesar da sua simplicidade, soube me mostrar o caminho certo com seus ensinamentos, carinho e amor, que me estimulam a continuar lutando por vitórias como esta; a minha avó, Rosa (em memória) por tudo que fez por mim enquanto esteve conosco; a meus irmãos, Sandro, Solange e Simone, pelo amor, compreensão, amizade e incentivos; a minha mãe, Socorro, que, apesar da distância, sempre me incentivou e apoiou; a minha amiga Aulette, por sempre dispor do seu tempo em todas as horas; a Josa (em memória) por acreditar e sempre torcer por mim e a todos os parentes que sempre torceram e me incentivaram.

Amo vocês!

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais volta aos limites do seu tamanho original... ela cresce”.

Albert Einstein.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me iluminar e fazer sentir Sua presença em todos os momentos de minha vida, fortalecendo-me para superar todos os obstáculos que, muitas vezes, me amedrontavam, e me dando forças para a conclusão deste trabalho.

A meu pai e a toda minha família, por me apoiarem e acreditarem em mim.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) pela oportunidade de conhecimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro para a realização do experimento.

À Coordenação e aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande.

À Profa. Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves, pela orientação e apoio na construção deste trabalho, amizade, confiança e compreensão durante o curso.

Ao Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra, pela orientação e contribuição prestada no decorrer do trabalho.

Ao Prof. Dr. Hans Raj Gheyi, pela participação na banca, contribuindo para o enriquecimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Genival Barros Júnior, pela amizade, dedicação de parte do seu tempo no apoio a este trabalho e participação na banca, contribuindo para o enriquecimento deste trabalho.

A Dr. José Wellington dos Santos, estatístico e pesquisador da EMBRAPA Algodão, pela colaboração.

A Rogério Dantas de Lacerda, pela amizade, incentivo, contribuição e dedicação de parte do seu tempo no apoio a este trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade, Adilson, Chico, Doutor, Wilson, Seu José, Seu Pedro e Marcos, pela ajuda na condução das análises e amizade conquistadas.

A D. Rivanilda e Aparecida, secretárias da Pós-graduação, pela atenção e ajuda, sempre que precisei durante o curso.

A Gilvanise e Silvana Fernandes, pela amizade e companheirismo.

Aos inesquecíveis amigos e colegas com os quais convivi durante o curso: Joelma, Riuzuani, Silvana Medeiros, Hélder, Walker, Rob, Rossini, Eric, Arlington, Sandi e Rui, pela amizade e contribuição para a realização de mais uma etapa da minha vida.

A todos os demais colegas que, de uma forma ou de outra, estiveram presentes nesta empreitada.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Resposta da mamona, cultivar BRS - 188 Paraguaçu, à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio

RESUMO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) se tem destacado como planta alternativa para a produção de óleo vegetal e biodiesel. A adubação mineral é fator importante para aumentar a sua produtividade, tendo em vista ser uma planta exigente em nutrientes; no entanto, as poucas informações sobre a recomendação de adubação adequada para a cultura e a aplicação de nutrientes de forma desequilibrada, justificaram o presente trabalho que teve, como objetivo, avaliar o comportamento da mamona, cultivar BRS 188 Paraguaçu, em relação aos nutrientes N, P e K, quando aplicados de forma isolada, visando demonstrar a ineficácia de tal ação para a produção da cultura e identificar as doses dos elementos que proporcionaram melhores resultados, dentro deste contexto, para que as mesmas sejam testadas de forma conjunta, em uma futura pesquisa. O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação localizada no Campus I da UFCG, no período de 20 de junho a 09 de novembro de 2007 e instalado em um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e treze tratamentos, perfazendo o total de quarenta e cinco unidades experimentais, que consistiram da aplicação isolada de cinco doses de nitrogênio (40; 80; 120; 160 e 200 kg ha⁻¹), cinco doses de fósforo (30; 60; 90; 120 e 150 kg ha⁻¹) e cinco doses de potássio (30; 60; 90; 120 e 150 kg ha⁻¹). Após o desbaste, uma planta de mamona cultivar BRS - 188 Paraguaçu por unidade experimental foi cultivada em recipiente de plástico com capacidade para 78 kg de solo, até os 140 dias após a semeadura. O conteúdo de água do solo foi monitorado diariamente através de uma sonda de TDR. Os dados sobre a altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, dias para emissão da 1ª inflorescência, altura da emissão da 1ª inflorescência, número de inflorescências emitidas, fitomassa, consumo e eficiência do uso de água pelas plantas e produção de frutos e sementes, foram analisados estatisticamente aplicando-se o teste de Tukey para a comparação de médias, além das regressões para os fatores quantitativos. Os resultados obtidos permitiram concluir que as plantas de mamona, cultivar BRS - 188 Paraguaçu se desenvolveram e produziram, mesmo tendo recebido as doses crescentes dos nutrientes de forma isolada; constatou-se, porém, que houve um desequilíbrio nutricional. A aplicação de doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio de forma isolada, no cultivo da cultivar Paraguaçu, não foi eficiente para que as plantas desenvolvessem todo o seu potencial produtivo. Dentre os três nutrientes avaliados a aplicação isolada de “N” foi a que promoveu melhor benefício no desenvolvimento da mamoneira. A adubação da mamoneira deve ser realizada de forma equilibrada e testada, em trabalhos futuros, com aplicação conjunta de no mínimo 200 kg ha⁻¹ de N, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 150 kg ha⁻¹ de K₂O.

Palavras-chave: *Ricinus communis* L.; nutrição mineral;

Castor bean, cultivar BRS - 188 Paraguaçu, response to nitrogen, phosphorus and potassium application

ABSTRACT

The Castor bean crop (*Ricinus communis* L.) is raising attention as an alternative crop for oil and biodiesel production. The mineral fertilization is an important factor that influences plant production because satisfies demand of nutrients. However, little information on suitable fertilizer recommendation exists for the castor bean and when existing usually these recommendations are unbalanced. These facts justify the present work, which had as objectives to evaluate the behavior of castor bean crop, cultivar BRS- 188 Paraguaçu, to isolated applications of N, P and K, aiming to show, the ineffectiveness of such action and at the same time identify the nutrient levels that provide the best results, aiming to use these levels in future NPK mixed formulations. The experiment was carried out in a greenhouse located at the Campus I of the Federal University of Campina Grande, Paraíba State, Brazil, from June to November 2007. The experimental design was a completely randomized with thirteen treatments and three replicates, with the total of forty-five experimental units, consisting of isolated application of five nitrogen levels (40, 80, 120, 160 and 200 kg ha⁻¹), five phosphorus levels (30, 60, 90, 120 and 150 kg ha⁻¹) and five potassium levels (30, 60, 90, 120 and 150 kg ha⁻¹). After thinning, a castor bean plant, cultivar BRS 188 - Paraguaçu, was grown on a 78 kg capacity plastic container experimental unit until 140 days. The soil water content was daily monitored with TDR equipment. Data of plant height stem diameter, number of leaves, leaf area, days for the emission of the first inflorescence, first inflorescence height, number of inflorescences, phytomass, root/aerial part ratio, water use and efficiency, were submitted to analyses of variance, test of Tukey and regression analysis to study the effect of the treatments. The results allowed to conclude that castor bean plants, although receiving increasing levels of nutrients, developed and produced well. The isolated application of increasing levels of nitrogen, phosphorus and potassium, was not efficient for the plant to reach its potential productivity. Among the three nutrients evaluated, the isolated application of nitrogen promoted the best development of the plant; the castor bean fertilization must be conducted in a balanced manner in future studies, recommending to test applications of N, P and K together on formulation of 200 kg ha⁻¹ de N, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ and 150 kg ha⁻¹ de K₂O.

KEYWORDS: *Ricinus communis* L.; mineral nutrition

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características agronômicas e tecnológicas de algumas cultivares de mamoneira exploradas na região Nordeste do Brasil, em regime de sequeiro	19
Tabela 2. Características físicas e químicas do neossolo quartzarênico utilizado no experimento	32
Tabela 3. Esquema dos tratamentos utilizados no experimento	33
Tabela 4. Análise da água de abastecimento de Campina Grande, PB, 2007	35
Tabela 5. Resumo da análise de variância para altura da planta, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de nitrogênio	41
Tabela 6. Resumo da análise de variância para altura da planta, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de fósforo	42
Tabela 7. Resumo da análise de variância para altura da planta, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de potássio	43
Tabela 8. Resumo da análise de variância para diâmetro do caule, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de nitrogênio	45
Tabela 9. Resumo da análise de variância para diâmetro do caule, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de fósforo	47
Tabela 10. Resumo da análise de variância para diâmetro do caule, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de potássio	48
Tabela 11. Resumo da análise de variância referente à variável número de folhas, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de nitrogênio	50
Tabela 12. Resumo da análise de variância referente à variável número de folhas, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de fósforo	51
Tabela 13. Resumo da análise de variância referente à variável número de folhas, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de potássio	52
Tabela 14. Resumo da análise de variância para área foliar, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de nitrogênio	55
Tabela 15. Resumo da análise de variância para área foliar, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de fósforo	56
Tabela 16. Resumo da análise de variância para área foliar, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de potássio	57
Tabela 17. Resumo da análise de variância dos dados de inflorescência (número de inflorescências emitidas, número de dias para emissão da 1ª inflorescência e altura de emissão da 1ª inflorescência), da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de nitrogênio	58

Tabela 18. Resumo da análise de variância dos dados de inflorescência (número de inflorescências emitidas, número de dias para emissão da 1ª inflorescência e altura de emissão da 1ª inflorescência), da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de fósforo	58
Tabela 19. Resumo da análise de variância dos dados de inflorescência (número de inflorescências emitidas, número de dias para emissão da 1ª inflorescência e altura de emissão da 1ª inflorescência), da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de potássio	59
Tabela 20. Resumo da análise de variância referente à variável fitomassa, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de nitrogênio	61
Tabela 21. Resumo da análise de variância referente à variável fitomassa, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de fósforo	61
Tabela 22. Resumo da análise de variância referente à variável fitomassa, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de potássio	62
Tabela 23. Resumo da análise de variância referente às variáveis volume consumido e eficiência do uso da água, relativo às doses de nitrogênio e aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu	64
Tabela 24. Resumo da análise de variância referente às variáveis consumo e eficiência do uso da água, relativo às doses de fósforo e aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu	65
Tabela 25. Resumo da análise de variância referente às variáveis consumo e eficiência do uso da água, relativo às doses de potássio e aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu	65
Tabela 26. Resumo da análise de variância referente aos pesos dos frutos, sementes e cascas por planta, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de nitrogênio	67
Tabela 27. Resumo da análise de variância referente aos pesos dos frutos, sementes e cascas por planta, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de fósforo	67
Tabela 28. Resumo da análise de variância referente aos pesos dos frutos, sementes e cascas por planta, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura da cultivar BRS - 188 Paraguaçu, em função das doses de potássio	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Altura de plantas submetidas aos diferentes tratamentos com N, P ₂ O ₅ e K ₂ O, em função do tempo	39
Figura 2. Diâmetro caulinar das plantas submetidas aos diferentes tratamentos com N, P ₂ O ₅ e K ₂ O, em função do tempo	44
Figura 3. Diâmetro do caule (cm) da cultivar BRS-188 Paraguaçu em função das doses de nitrogênio, ao longo do período experimental (dos 20 aos 140 DAS)	46
Figura 4. Número de folhas das plantas submetidas aos diferentes tratamentos com N, P ₂ O ₅ e K ₂ O, em função do tempo	49
Figura 5. Área foliar das plantas submetidas aos diferentes tratamentos com N, P ₂ O ₅ e K ₂ O, em função do tempo	53
Figura 6. Fitomassa da cultivar BRS-188 Paraguaçu em função das doses de nitrogênio, ao longo do período experimental (dos 20 aos 140 DAS)	62

ÍNDICE

RESUMO	ix
ABSTRACT	x
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE	xiv
1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. Características agronômicas da cultura da mamona	18
2.2. Importância socioeconômica da mamona	21
2.3. Nutrição mineral da mamona	24
2.4. Necessidades hídricas	29
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1. Localização do experimento	31
3.2. Substrato utilizado	31
3.3. Cultivar utilizada	31
3.4. Tratamentos	33
3.5. Instalação e condução do experimento	33
3.6. Delineamento estatístico	33
3.7. Variáveis analisadas no experimento	35
3.7.1. Altura de planta	35
3.7.2. Diâmetro do caule	36
3.7.3. Número de folhas	36
3.7.4. Área foliar	36
3.7.5. Número de inflorescências emitidas, número de dias para emissão da 1 ^a inflorescência e altura de emissão da 1 ^a inflorescência	36
3.7.6. Fitomassa	37
3.7.7. Consumo e eficiência do uso de água	37
3.7.8. Produção de frutos e sementes	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1. Altura de planta	38
4.2. Diâmetro do caule	43
4.3. Número de folhas	48
4.4. Área foliar	52
4.5. Número de inflorescências emitidas, número de dias para emissão da 1 ^a	57

inflorescência e altura de emissão da 1ª inflorescência	
4.6. Fitomassa	60
4.7. Consumo e eficiência do uso de água	64
4.8. Produção de frutos e sementes	66
5. CONCLUSÕES	69
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

1. INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) pertencente à família *Euphorbiaceae*, possivelmente originária da Ásia, foi trazida para o Brasil pelos portugueses, durante a colonização. Atualmente, várias são as cultivares disponíveis para o plantio em nosso país, tendo sido recomendado, para a região o Nordeste Brasileiro, o uso das cultivares BRS - 149 Nordestina e BRS-188 Paraguaçu (BELTRÃO et al., 2002).

Planta oleaginosa de utilização exclusivamente industrial, a mamoneira tem como produto principal, o óleo extraído de suas sementes, o qual tem sido indicado pelo Programa Brasileiro de Desenvolvimento Tecnológico do Biodiesel (PROBIODIESEL) para a produção de biocombustível. De acordo com este programa, o governo brasileiro já vem substituindo 3% do diesel utilizado no País por biodiesel e, para isto, está incentivando o plantio de mamona, principalmente nas regiões carentes do Brasil, zoneadas pela EMBRAPA, visando o seu cultivo, que deve ser a principal oleaginosa, no ainda tímido processo de substituição do diesel interno.

Com base no consumo de 2003, para que haja substituição de pelo menos 2% de diesel por biodiesel, são necessários 786 milhões de litros de biodiesel. Deste volume, 40% (293 milhões de litros) deverão ser obtidos a partir de óleo de mamona. Considerando-se uma produtividade agrícola da mamona de 1,8 t ha⁻¹ e o rendimento industrial em óleo de 45 %, faz-se necessário o plantio de 360 mil ha, porém esta produtividade só tem sido alcançada nos Estados de São Paulo e Minas Gerais, visto que a média nacional, incluindo a região Nordeste, varia de 600 a 900 kg ha⁻¹, o que tem incentivado a pesquisa na busca de melhorias mais sustentáveis.

Esta baixa produtividade média no Nordeste brasileiro tem sido explicada constantemente como decorrente da falta de água, problemas no manejo da cultura e deficiências minerais, uma vez que a mamona, pela sua rusticidade, geralmente é cultivada sob baixo a médio nível tecnológico, com pouco ou nenhum uso de fertilizantes (AZEVEDO et al., 1997 e 2001).

Apesar dos avanços já alcançados, ainda são necessárias informações mais específicas sobre o manejo da fertilidade para esta cultura, haja vista que diversas pesquisas têm constatado que a mamoneira é uma planta exigente em nutrientes, especialmente nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

Com o intuito de atingir as metas de produção propostas pelo governo, as quantidades de nitrogênio adicionadas aos solos para a adubação da mamoneira na região Nordeste, têm sido maiores que 40 kg ha^{-1} , quantidade esta citada na literatura como adequada para a referida cultura. O agricultor da região de Irecê, BA (importante produtora de mamona), por exemplo, tem usado em torno de 150 kg ha^{-1} de N (comunicação pessoal), sem se preocupar em também aumentar as quantidades de fósforo e potássio para a cultura.

De acordo com a Lei do Mínimo ou de Liebig, “o nutriente que regula a produção é o que estiver no mínimo ou menos disponível para as plantas em relação às suas necessidades”; o equilíbrio de nutrientes é vital em fertilidade do solo, quando se pensa na produção agrícola; assim, o aumento indiscriminado da aplicação de um só nutriente no solo pode causar desequilíbrio nutricional às plantas, impedindo o aumento de sua produção.

Com o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento da mamona, cultivar BRS-188 Paraguaçu, em relação ao fornecimento dos nutrientes N, P e K, quando aplicados de forma isolada, visando demonstrar eficácia ou não de tal ação para a produção da cultura e identificar as doses dos elementos que proporcionam melhores resultados, de maneira que as mesmas sejam testadas de forma conjunta, em futuro trabalho de pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características agronômicas da cultura da mamona

Espécie vegetal oleaginosa, cientificamente conhecida como *Ricinus communis L.*, pertencente à família das *Euphorbiaceae* e à subfamília dos *Crotonoideae* (AZEVEDO et al., 1997), é basicamente uma planta de fotoperiodismo de dia longo porém se adapta bem a outros regimes de luminosidade, inclusive de dias curtos com duração de 9 a 12 horas, embora dentro deste limite o crescimento seja reduzido (BELTRÃO et al., 2001).

A origem da mamoneira não é bem definida e uma das razões é a facilidade e rapidez com que se estabelece como planta asselvajada (FORNAZIERI JÚNIOR, 1986); no entanto, tudo leva a crer que ela seja indígena do oeste da África e se originou, provavelmente, na antiga Abíssia, hoje Etiópia (BELTRÃO et al., 2001; CHIERICE; NETO, 2001).

No Brasil, sua introdução se deu durante a colonização portuguesa por ocasião da vinda dos escravos africanos e, devido às condições favoráveis ao seu crescimento na nova área, tornou-se uma planta de grande dispersão no território nacional (MOREIRA et al., 1996).

Apresenta grande variabilidade de tipos envolvendo o porte (anão, médio, alto e gigante), a coloração do caule, folhas e inflorescências, tipos de cacho (tamanho, formato, com e sem acúleos) e outros aspectos morfológicos (BELTRÃO et al., 2001). Atualmente, em todo o mundo e em especial nos principais países produtores, que são a Índia, a China, o Brasil e a Rússia, são conhecidas seis subespécies e 25 variedades botânicas, além de milhares de cultivares comerciais simples e híbridos (SAVY FILHO et al., 1999; EMBRAPA, 2000; SANTOS et al., 2001).

No tocante às exigências edafoclimáticas, a mamoneira é uma planta de clima tropical que tem sido cultivada em vários locais, desde o nível do mar até 2.000 m de altitude. Seu cultivo, no entanto, é recomendado no intervalo de 300 a 1.500 m acima do nível do mar, estando seu ótimo ecológico em torno de 650 m de altitude (AMORIM NETO et al., 2001). Áreas abaixo de 300 m induzem a planta a emitir folhas em excesso e abortarem suas flores; por outro lado, altitudes superiores a 1500 m, com predominância de temperaturas abaixo de 10 °C, inviabilizam a produção de pólen e, conseqüentemente, de frutos e sementes (CARVALHO, 2005).

A temperatura média ideal para produção dessa oleaginosa varia entre 20 e 30 °C; temperaturas acima de 40 °C provocam o aborto de flores e a redução do teor de óleo e proteína da semente e a necessidade pluviométrica anual varia entre 750 e 1500 mm, com um mínimo de 600 a 750 mm durante todo o ciclo da cultura (TÁVORA, 1982).

A mamoneira se desenvolve melhor em solos de textura média, não muito argilosos, planos ou de relevo suave ondulado, sem perigo de encharcamento ou inundação e não suporta solos muito salinos e sódicos (AZEVEDO et al., 2006).

No Nordeste Brasileiro há aproximadamente 45 milhões de hectares de terras agronomicamente aptas ao cultivo da mamona (PIRES et al., 2004). Segundo a SUDENE (2005), na região Nordeste existem vários estados que possuem condições ambientais (solo e clima) propícias para o cultivo desta *Euphorbiaceae*. No Estado da Paraíba, Araújo et al. (2000) verificaram que 49 municípios têm condições de clima e de solo para o cultivo da mamoneira, com épocas de plantio variando de janeiro a maio.

Em geral, as variedades de mamoneira têm ciclo vegetativo médio variando de 180 a 240 dias. A Tabela 1 relaciona as características das principais cultivares exploradas na Região Nordeste do Brasil, em regime de sequeiro, sem irrigação complementar ou total, segundo a EMBRAPA (2002). Apesar de não se encontrar, na Tabela 1, a cultivar BRS – Energia foi desenvolvida em rede pela EMBRAPA, EBDA e Emparn e lançada no ano de 2007, cuja floração se inicia aproximadamente aos 50 dias após a emergência, com produtividade média experimental de 1500 kg ha⁻¹, uma semente contendo teor de óleo de 48% e ciclo entre 120 e 150 dias.

Tabela 1. Características agrônômicas e tecnológicas de algumas cultivares de mamoneira exploradas na Região Nordeste do Brasil em regime de sequeiro.

Cultivar	Rendimento kg ha ⁻¹	Período entre a emergência da plântula e o 1 ^o racemo (dias)	Teor de óleo na semente (%)
BRS - 188 Paraguaçu	1500	54	48
BRS - 149 Nordestina	1500	50	49
Sipeal 128	1300	47	47
Baianita	1150	48	47
Pernambucana	1300	51	47

Fonte: EMBRAPA (2002)

A mamona produz satisfatoriamente tanto em sistemas de cultivo “isolados” quanto em consórcio com outras culturas, e dentre os cultivos mais utilizados no consórcio com mamona, na região semiárida brasileira se destacam o feijão, tanto o comum (*Phaseolus vulgaris* L.), quanto o de corda ou de arranca (*Vigna unguiculata*). Diferentemente do consórcio com feijão que já é bem conhecido e recomendado, não existe ainda informação suficiente para indicar com segurança o consórcio com outras culturas, como sorgo, algodão, mandioca, amendoim ou abóbora. Plantas que crescem muito rápido, como o milho ou gergelim, geralmente não asseguram bons resultados porque sombreiam a mamoneira, diminuindo bastante sua produtividade, além de serem grandes competidores por água e nutrientes (AZEVEDO et al., 2006).

Em regiões em que predomina a agricultura familiar, o sistema de cultivo em consórcio passa a ser o mais recomendado utilizando-se variedades de porte médio, uma vez que otimiza a utilização da área útil disponível e permite a ocupação de toda a mão-de-obra familiar, com a realização manual dos tratamentos culturais (AZEVEDO et al., 1997).

A mamoneira é citada com frequência como excelente cultura para compor um esquema de rotação de culturas, já que o seu sistema radicular é profundo e denso, com capacidade de explorar camadas mais profundas do solo que, normalmente, não são atingidas pelas culturas convencionais, como milho (*Zea mays* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e amendoim (*Arachis hypogaea* L.), entre outras. Esta particularidade promove aumento na aeração e capacidade de retenção e distribuição da água no solo. Segundo Savy Filho et al., (1999) o clímax desse benefício é atingido quando se incorporam os resíduos vegetais da cultura, após a colheita. Além disso, esta prática é um método eficaz de prevenção de pragas e doenças e de conservação da produtividade dos solos nos quais se desenvolvem os cultivos desta espécie, desde que não tenham sido usadas em consórcios anteriores (BELTRÃO et al., 2006).

A principal doença da mamoneira é o mofo cinzento, causado pelo fungo *Amphobotrytis ricini*, que ataca e destrói toda a estrutura floral e de frutificação da planta chegando a reduzir, por completo, sua produção (CARVALHO, 2005). Os ácaros, rajados e vermelhos, têm ganhado importância; praticamente invisíveis a olho nu, habitualmente são encontrados na face inferior das folhas formando teias, sugando a seiva da planta, provocando o amarelecimento e bronzeamento dessas folhas, que são expelidas prematuramente da planta (AZEVEDO et al., 1997).

Como prática de manejo das áreas de mamona tem-se a poda, que consiste em cortar o tronco da mamoneira depois da colheita, no sentido transversal, para evitar o acúmulo de água e a possível entrada de patógenos. Esta prática tem como objetivo forçar a brotação e obter

nova colheita da mesma planta, evitando o preparo do solo e o replantio no ano seguinte assegurando, assim, uma produção mais precoce, de vez que a planta já está com seu sistema radicular formado; além disso, a planta tem condições de aproveitar todas as chuvas obtendo maior produtividade ao final do ciclo e representando menor custo de produção, em virtude da economia com o preparo do solo e a compra de sementes.

2.2. Importância socioeconômica da mamona

Durante anos, o Brasil foi considerado o maior produtor mundial de mamona e o maior exportador do seu óleo. No entanto, esta posição vem sendo ocupada atualmente pela Índia, seguida da China, sendo o Brasil o terceiro produtor mundial de mamona. Do total produzido no mundo em 2004 (cerca de 1,2 milhões de toneladas), a participação desses três países foi de 62%, 19% e 11%, respectivamente (FAO, 2005).

Em nível nacional, a maior produção se concentra nos estados da Bahia, com 83% de toda a produção do País no ano de 2004, Mato Grosso, com cerca de 6%, e o Ceará, com uma participação de 5%. Neste mesmo ano a área plantada na Bahia foi de 150 mil hectares (85% de total da área com mamona no Brasil), distribuída basicamente em quatro microrregiões: Irecê (109.354 ha – 62,4%), Jacobina (17.730 ha - 10%), Senhor do Bonfim (7.090 ha – 4%) e Seabra (5.620 ha – 3%) (IBGE, 2005).

Na safra 2003/2004 o custo de produção da cultura da mamona isolada (sem consórcio) ficou no Estado da Bahia, em R\$377,30 incluindo a sacaria; 18 sacos em média para uma produtividade esperada de 1080 kg de baga (sementes)/hectare; renda bruta média de R\$540,00, considerando-se o preço mínimo de R\$0,50/kg; até mais de R\$1000,00, ressaltando o preço de mercado, que chegou a mais de R\$1,20/kg, no final do mês de fevereiro de 2004 (BELTRÃO; CARDOSO, 2005). Na Paraíba e nos demais Estados do Nordeste, o custo de produção é um pouco maior, isto é, cerca de R\$450,00 envolvendo o sistema consorciado mamona/feijão (*Vigna unguiculata*), desenvolvido pela EMBRAPA Algodão com seus parceiros, em especial a EBDA (Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola) que, basicamente, envolve o plantio da leguminosa 15 dias depois do plantio do algodão, uso das cultivares BRS-149 Nordestina ou BRS-188 Paraguaçu (BELTRÃO; CARDOSO, 2005).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (GTI, 2003) ressalta que, para cada real investido na agricultura familiar, é possível gerar um acréscimo de renda de R\$2,24. Na região semiárida, por exemplo, a receita bruta de uma família a partir do cultivo de cinco

hectares com mamona e uma produção média entre 700 e 1,2 mil quilos por hectare, pode variar entre R\$2,5 mil e R\$4,2 mil desde que, segundo a Brasil Ecodiesel (2005), se consiga vender a mamona por R\$0,70/kg, ou seja, acima dos atuais R\$0,64/kg oferecidos pelo mercado; por outro lado, a área pode ser consorciada com outras culturas, como o feijão e o milho.

No Brasil, a mamona é conhecida desde a era colonial, quando dela se extraía o óleo para lubrificar as engrenagens e os mancais dos inúmeros engenhos de cana-de-açúcar, além de servir como indicadora do ponto de fervura da rapadura, utilizada empiricamente pelos senhores de engenho (FORNAZIERI JÚNIOR, 1986).

O óleo obtido da semente da mamona é o produto industrializado mais nobre e importante. De acordo com pesquisas realizadas pela EMBRAPA Algodão, a amêndoa de mamona no Brasil pode representar 70% em peso da baga e conter entre 43 e 49% de óleo. A aplicação do óleo é feita em diversos segmentos da indústria química servindo para a produção de óleo desidratado (secativo), óleo sulfonado (“tukey red oil”), ácido sebáceo (matéria-prima para a fabricação do nylon 6, 10 e lubrificantes de turbina), óleo etoxilado (matéria-prima na fabricação de cosmético, detergentes, óleos de corte, fluido hidráulico, etc.), poliuretano (telecomunicações, biomedicina, filtros industriais, protetores), óleo hidrogenado (fabricação de ceras, plásticos lubrificantes de metais, cosméticos, processamento de borracha), óleo oxidado (fabricação de resina, tintas, adesivos etc), metiricinoleato (matéria-prima para fabricação do náilon 11), ácidos graxos (óleo de corte, lubrificantes industriais, sabões transparentes, detergentes, tintas, fungicidas, bactericidas), ácidos hidrogenados (graxas), ácidos desidratados (fios e tubos de plásticos, pinturas automotivas, embalagens para alimentos, tintas gráficas para impressoras de alta velocidade), e mais de uma centena de subprodutos, base para a fabricação de inúmeros produtos de uso atual pela sociedade mundial (SAVY FILHO et al., 1999; BELTRÃO; SILVA, 1999).

Segundo Beltrão et al. (2002), o óleo extraído das sementes da mamona é o único glicerídeo, até o momento, que na natureza é solúvel em álcool, apresentando características especiais, sendo também dez vezes mais viscoso que os demais óleos. A fórmula molecular do ácido ricinoléico ($C_{17}H_{32}OH.COOH$) apresenta em sua composição, um grupo hidroxila (OH), que confere ao óleo propriedade não encontrada nos demais óleos vegetais. De vez que se trata de um dos mais versáteis da natureza, este óleo tem utilidade só comparável à do petróleo, com a vantagem, porém, de ser um produto renovável e barato, além de se manter bastante estável nas mais variadas condições de temperatura e pressão (AZEVEDO et al., 1997).

A crise energética de 1973 gerou uma nova consciência mundial a respeito da produção e consumo de energia, especialmente quando originária de fontes não renováveis. Muitos esforços têm sido dedicados à conservação ou economia de energia, além do uso de fontes alternativas (PARENTE, 2003).

No Brasil com a busca de alternativas energéticas para diminuir a dependência externa de petróleo, o biodiesel surge como uma grande solução. O projeto de transformação do óleo de mamona em óleo diesel, utilizado em qualquer motor, seja de tratores e/ou de caminhões, sem nenhuma adaptação, trata-se de um dos maiores e mais promissores campos de utilização desta espécie vegetal, por ser um combustível renovável, biodegradável e ambientalmente correto, sucedâneo ao óleo diesel mineral que pode ser feito com qualquer óleo vegetal, gordura animal, óleos e gorduras residuais. No entanto, a grande vantagem do óleo da mamona é devido ao seu baixo custo e a solubilidade dele em álcool etílico ou metílico e assim a reação de transesterificação ocorre a frio, sem aquecimento.

Com o uso do óleo de mamona na produção de biodiesel, o rendimento é elevado, superior a 99,5%, e um litro de óleo de mamona produz um litro de biodiesel, além dos subprodutos, em que o principal a glicerina, tem larga aplicação industrial. O biodiesel não é corrosivo, não é poluente, não têm aditivos, não emite enxofre para a atmosfera e é renovável (PARENTE, 2003).

Na possibilidade de se usar o biodiesel puro ou misturado com diesel, as vantagens seriam imensas, com geração de empregos no Nordeste, melhor distribuição da renda regional e redução da poluição atmosférica, pois o biodiesel tem oxigênio e produz muito pouco CO₂ (BELTRÃO et al., 2002).

Depois do biodiesel, a torta é o principal subproduto da mamona e é produzida durante o processo de extração do óleo, sendo um resíduo de significativa importância econômica. Por ser rica em nitrogênio e em outros nutrientes, é predominantemente utilizada como adubo orgânico além de apresentar efeito nematocida. Não pode ser utilizada como alimento animal antes de ser submetida a um processo de destoxificação e desalergenização para poder ser usada com segurança (SEVERINO; FREIRE, 2006).

Dutra et al. (2004) obtiveram, utilizando uma dose de 1000 kg ha⁻¹ da torta de mamona, sucesso no controle do nematóide *Meloidogyne* exígua em cafeeiros da região sul de Minas Gerais e atribuíram o fato à ação do complexo tóxico ricina-ricinina presente na torta.

A torta de mamona se mineraliza rapidamente, cerca de seis vezes mais rápido que o esterco bovino e quatorze vezes mais rápido que o bagaço de cana disponibilizando, através

da nitrificação, de 75 e 100% do nitrogênio presente na sua constituição, em período médio de três meses (SEVERINO et al., 2004a).

A “Plataforma da Mamona”, programa lançado pelo Governo Brasileiro em 2003 apresenta, como objetivo maior, o impulsionamento dos mecanismos agrotecnológicos do setor produtivo, sobretudo nas áreas rurais gerando, esta, oportunidades para uso, tanto intensivo quanto extensivo, da biomassa energética do Brasil, além de fortalecer as ações do governo a nível regional, priorizando o largo cultivo da mamona (*Ricinus Communis L.*) nas áreas zoneadas para esta cultura no semiárido brasileiro (PARENTE, 2003).

No estado da Bahia, se obtiveram, entre os anos 2003 e 2005, rendimentos médios de 695,3 kg ha⁻¹, contra 1580,3 kg ha⁻¹ alcançados no estado de São Paulo para o mesmo período (KOURI; SANTOS, 2006). Para alcançar as metas traçadas pelo programa do Governo Federal é preciso superar o baixo rendimento médio alcançado nos cultivos, na região semiárida, apesar dos incrementos ocorridos nos últimos anos.

2.3. Nutrição mineral da mamona

Todos os nutrientes essenciais, necessários à produção de alimentos e fibras, estão relacionados com a qualidade do ambiente. A exigência nutricional de qualquer planta é determinada pela quantidade de nutrientes que ela extrai durante seu ciclo para obtenção de produções econômicas.

A mamoneira é uma cultura de clima quente e úmido, de fácil adaptabilidade, que cresce e se desenvolve normalmente em solos de boa drenagem e que sejam férteis (FORNAZIERI JÚNIOR, 1986); caso os solos não sejam de elevada fertilidade natural, devem ser adubados com fertilizantes químicos ou orgânicos (BELTRÃO, 2002). A produtividade da cultura é influenciada pela adubação que, além de aumentar a produção de frutos, torna as sementes maiores e mais pesadas, sendo o óleo o principal constituinte do endosperma. No entanto, a adubação para a referida cultura ainda é pouco estudada no Brasil, em particular nos estados do Nordeste, principal região produtora, e no Cerrado do centro-oeste, região onde a cultura é emergente (BELTRÃO, et al., 2005).

A mamoneira é exigente em fertilidade do solo, tanto na extração quanto na exportação de nutrientes pela produção da cultura. Segundo Nakagawa & Neptune (1971), a absorção de nutrientes da parte aérea aos 133 dias da germinação chega a 156; 12; 206; 19 e 21 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅), potássio (K₂O), cálcio (CaO) e magnésio (MgO), respectivamente. Esses autores mostraram ainda que uma tonelada de baga de mamona

propicia uma exportação de 40 N, 9 P₂O₅, 16 K₂O, 6,5 CaO e 5 MgO, em kg ha⁻¹. Comparativamente, para uma tonelada de grãos o milho exporta 16,5; 4,5 e 6,1 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente (FORNASIERI FILHO, 1992).

Em levantamentos feitos por pesquisadores, uma lavoura de mamona que produz 1.000 kg ha⁻¹ extrai de 64 a 123 kg de N, de 14 a 44 kg de P₂O₅ e de 52 a 160 kg de K₂O. Considerando uma lavoura que produza 1.500 kg ha⁻¹ e cuja casca dos frutos não seja levada de volta à lavoura, as quantidades de nutrientes exportadas são aproximadamente 66,2 kg ha⁻¹ de N, 14,3 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 35,2 kg ha⁻¹ de K₂O, 16 kg ha⁻¹ de CaO e 15,9 kg ha⁻¹ de MgO. (FERREIRA; SEVERINO, 2006).

Segundo Weiss (1983), para a mamoneira produzir 1.700 kg ha⁻¹ de sementes, estima-se que extraia do solo o equivalente a 50 kg ha⁻¹ de N, 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 16 kg ha⁻¹ de K₂O, sem se contar as quantidades absorvidas para compor outras estruturas como raízes, caules, cascas e folhas. Se se considerar que as cascas dos frutos não retornam as lavouras, essas quantidades de nutrientes exportados serão ainda maiores.

Como se pôde observar, em geral o elemento absorvido em maior quantidade pela mamoneira é o nitrogênio, seguido do potássio, fósforo, cálcio e magnésio. Segundo Savy Filho (2005), os resultados em estudos de nutrição mineral realizados com mamoneira, têm mostrado que o nitrogênio e o potássio são absorvidos em maiores quantidades vindo, em seguida, o cálcio e depois o magnésio e o fósforo.

O fósforo, apesar de não ser o nutriente mais exigido pela cultura, é o que mais se tem destacado na nutrição mineral de plantas, em virtude de se encontrar em menor disponibilidade nos solos brasileiros. A presença deste elemento no solo é fundamental para a fisiologia da mamoneira uma vez que esta planta produz óleo por meio de reações que utilizam muita energia. Nos experimentos de fertilidade do solo realizados no Brasil observou-se que o fósforo é o nutriente que permite maior aumento de produtividade e teor de óleo das sementes. Além disso, o fósforo faz parte da estrutura da planta e de várias moléculas-chave no metabolismo, sendo componente das membranas (fosfolipídios) do RNA, DNA, ATP e ésteres de carboidratos, dentre outras moléculas. Sua deficiência reduz o crescimento, provoca acúmulo de amido nos cloroplastos, reduz o transporte de carboidratos e a atividade de todas as enzimas que dependem de fosforilação, em especial à aquelas envolvidas na absorção ativa de nutrientes (MALAVOLTA et al., 1989; MARSCHNER, 1995). A mamoneira cresce lentamente sob deficiência de fósforo cujo sintoma aparece primeiro com folhas fortemente esverdeadas, que sofrem clorose no tecido paralelo à nervura, isolando o tecido internerval esverdeado; em seguida, as folhas viram os bordos para baixo,

necrosam as margens, adquirem coloração verde-bronzeado, escurecem e caem. Reduções de até 60% na produtividade, foram observadas em condições de deficiência marginal de fósforo (FERREIRA et al., 2004),

Sob forte deficiência de fósforo tem-se observado que o crescimento da mamoneira é paralisado três dias após o elemento ser retirado do meio, sendo a absorção e a assimilação de nitrato, bem como da fotossíntese líquida, dramaticamente inibidas e a partição do assimilado é alterada. Nesta situação, o carbono é dirigido para as raízes, aumentando a relação raiz-parte aérea (JESCHKE et al., 1996), a redução do nitrato é fortemente inibida na raiz e a assimilação de fósforo nas folhas novas permanece com alta atividade, provocando retranslocação substancial do nutriente presente nas folhas mais velhas (JESCHKE et al., 1997). As doses recomendadas de fósforo para mamoneira se situam, em geral, na faixa de 30 a 90 kg ha⁻¹ (FERREIRA; SEVERINO, 2006).

Depois do fósforo o nitrogênio é o macronutriente primário que apresenta maior efeito sobre a produtividade da mamoneira. Ele faz parte da estrutura da planta, é composto de aminoácidos, proteínas, enzimas, RNA, DNA, ATP e clorofila, dentre outras moléculas. Tem-se observado que a maior parte do nitrato (N-NO₃⁻) é reduzida e assimilada nas raízes da mamona, com contribuições crescentes da parte aérea à medida com que seus teores são aumentados na solução do solo; praticamente, todo o amônio (N-NH₄⁺) absorvido pelas raízes é assimilado neste órgão (PEUKE et al, 2002).

A demanda da mamoneira por nitrogênio para seu crescimento e formação de folhas, é elevada. Sua ausência bloqueia a síntese de citocinina, hormônio responsável pelo crescimento das plantas, causando redução do seu tamanho e, conseqüentemente, redução também da produção econômica das sementes (MENGEL; KIRKBY, 1982).

Santos et al. (2004), mostraram que os primeiros sintomas visuais das plantas adultas de mamona são um amarelecimento das folhas inferiores que podem ou não se iniciar pelas nervuras que ficam com cloroses estrelada, mas invariavelmente alcança toda a folha, que tomba sobre o caule, fecha-se sobre a face superficial e cai. Forte gradiente de perda de cor das folhas inferiores para o ápice é observado, seguido de queda prematura da folhagem. A frutificação é fraca com poucos cachos e frutos, com peso abaixo do esperado. Em plantas jovens, a deficiência de nitrogênio manifesta-se pela paralisia do crescimento, raramente ocorrendo amarelecimento das folhas. Embora este seja o nutriente exigido em maior quantidade pela mamoneira, normalmente, as doses recomendadas situam-se entre 30 e 80 kg ha⁻¹, sendo mais comum à recomendação de 35 a 55 kg ha⁻¹ (FERREIRA; SEVERINO, 2006).

O potássio, nutriente também importante na produtividade da mamoneira, induz a atividade de mais de 60 enzimas mantendo a turgescência da folha, essencial no transporte interno de açúcares e no equilíbrio eletroquímico da planta. Se em deficiência de potássio, ocorrem redução na atividade fotossintética das folhas, aumento da respiração radicular, direcionamento de carbono para as raízes que aumentam a relação raiz-parte aérea, redução da absorção de nitrato e aumento de sódio, cálcio e magnésio; há redução no crescimento dos brotos e aumento no crescimento radicular (PEUKE et al., 2002).

O potássio participa, entre outras funções, da síntese de proteínas. Nas pesquisas feitas no Brasil como em outros países, poucas vezes se observou aumento de produtividade como resultado da aplicação de potássio no solo. Embora seja absorvido pela mamoneira em grande quantidade, algumas vezes mais que o nitrogênio, a mamoneira precisa, possivelmente, de baixos níveis desse elemento para o funcionamento normal de sua fisiologia e de grande capacidade de absorver este nutriente do solo. Mesmo assim, aconselha-se a adubação anual com potássio para evitar esgotamento da reserva e perda da produtividade. As doses recomendadas geralmente se situam entre 20 e 60 kg ha⁻¹ (FERREIRA; SEVERINO, 2006).

Severino et al. (2004b), testaram doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, em mamoneiras da cultivar BRS 149 Nordestina, conduzidas no Município de Assu, RN, em condição de sequeiro, mostrando que o nitrogênio não influenciou significativamente nenhuma das características avaliadas com relação ao crescimento da planta devido, sem dúvida, à falta do parcelamento e perda de adubo por volatilização, enquanto o fósforo e o potássio influenciaram significativamente todas as características.

Albuquerque et al. (2006), avaliando a influência de doses crescentes de N (30; 60; 120; 240 e 480 kg ha⁻¹) sobre o crescimento e desenvolvimento da mamoneira, cultivar BRS 149 Nordestina, encontraram efeito significativo sobre a altura de plantas e diâmetro de caule. Sampaio et al. (2006), avaliando também diferentes doses de N (15; 30; 60; 120 e 240 mg dm⁻³) sobre o rendimento desta mesma cultivar, encontraram efeitos significativos dessas doses sobre a fitomassa da parte aérea e da raiz, sobre o número e peso de frutos e número de sementes.

Avaliando o comportamento de uma cultivar de mamoneira de porte médio, desenvolvida pela EMBRAPA Algodão (BRS 149 Nordestina), adubada com nitrogênio, fósforo, potássio, calcário dolomítico e uma mistura de micronutrientes no Município de Quixeramobim, CE, Severino et al. (2004c), mostraram que a altura da planta e o número de nós até o primeiro cacho não foram influenciados por nenhum dos tratamentos aplicados, enquanto a altura do primeiro cacho e o diâmetro do caule foram influenciados pela ausência

de adubação; já o comprimento da parte masculina do cacho sofreu influência das doses de nitrogênio, fósforo, potássio e calcário, e o da parte feminina das doses de nitrogênio e pela ausência de adubação.

Verificando e quantificando os efeitos da adubação nitrogenada e da temperatura noturna, relativos à cultivar de mamona BRS-188 Paraguaçu, em experimento conduzido em condições de ambiente natural e câmara de crescimento da EMBRAPA Algodão, em Campina Grande, PB, Queiroz et al. (2006a) mostraram que tanto a adubação quanto a temperatura noturna mais elevada favoreceram o crescimento vegetativo da mamoneira. Aos 60 dias do plantio as plantas mantidas em temperaturas noturnas mais elevadas não produziram nada, enquanto em temperatura mais baixa elas tiveram sua produtividade reduzida de 96 a 88%.

Em experimento conduzido na EPAMIG - Fazenda Experimental de Acauã – FEAC, em Leme do Prado, MG, Pacheco et al. (2006a), objetivando diagnosticar o estado nutricional da mamoneira - cultivar IAC 226, para macronutrientes, em resposta à adubação com N, P e K encontraram, na maioria das situações, respostas mais pronunciadas à adubação fosfatada em comparação com a nitrogenada. Ainda trabalhando na EPAMIG e utilizando a mesma cultivar acima citada, Pacheco et al. (2006b), determinando o estado nutricional para micronutrientes das plantas cultivadas sob diferentes doses de N, P e K, mostraram que as características de diagnóstico para os micronutrientes em mamoneira, responderam de forma mais pronunciada ao adubo fosfatado, em comparação com o nitrogenado.

Guimarães et al. (2006) utilizando NPK, esterco bovino, torta de mamona e bio-sólido como substratos e um tratamento testemunha em solo sem matéria orgânica conduzido em condições de casa de vegetação da EMBRAPA Algodão, na cidade de Campina Grande, PB, compararam os três diferentes adubos orgânicos usados como fonte de nitrogênio, com a adubação mineral na cultura da mamona - cultivar BRS 149 Nordestina. Com os resultados obtidos, os autores ressaltaram que a mamoneira respondeu efetivamente aos adubos orgânicos utilizados, em que a torta de mamona se apresentou melhor como adubo orgânico para o crescimento e desenvolvimento da planta, sobressaindo-se como fonte efetiva de nitrogênio, enquanto a adubação mineral na dose utilizada teve baixa efetividade no seu crescimento e desenvolvimento inicial.

Ferreira et al. (2006), tentando equacionar os problemas de fertilidade nos solos do Sudoeste da Bahia (Cambissolos carbonáticos) que são ricos em bases trocáveis mas são pobres em fósforo e permitem resposta ao nitrogênio em algumas culturas, testaram doses de N e P₂O₅ na cultivar de mamona híbrida Savana em experimento realizado na Estação Experimental Dep. Gercino Coelho, pertencente à EBDA, localizada no município de Palmas

de Monte Alto, BA. Os autores destacaram que a mamoneira respondeu em produtividade à aplicação das doses de nitrogênio e fósforo e em crescimento vegetativo às doses de fósforo.

2.4. Necessidades hídricas

A mamoneira é uma planta muito exigente em calor e sensível ao excesso de umidade no solo (SILVA, 1981; MAZZANI, 1983; WEISS, 1983). A maior exigência de água pela cultura ocorre no início da fase vegetativa, necessitando de período seco na maturação dos frutos (TÁVORA, 1982).

O excesso de umidade é prejudicial em qualquer período do ciclo da cultura, sendo mais crítico nos estágios de plântula, na maturação e na colheita. Moraes & Severino (2004), submetendo plantas de mamona, cultivar BRS 149 – Nordestina, com 30 dias após semeio à saturação do solo durante dois dias, constataram redução no crescimento em altura e diâmetro do caule, bem como no peso das raízes e no desenvolvimento das estruturas produtivas, com as plantas voltando a crescer de forma lenta, após drenagem do excesso de água. Beltrão et al. (2004) constataram, trabalhando com a mesma cultivar, reduções de 26% na área foliar das plantas na fase inicial de crescimento quando submetidas a excesso de água no solo, com consequente redução linear da fotossíntese líquida quando comparada com plantas mantidas a capacidade de campo.

De acordo com Azevedo & Lima (2001), a mamona é uma planta resistente à falta de água, uma vez que a cultura se apresenta produtiva praticamente o ano inteiro, no Nordeste Brasileiro, por apresentar um déficit hídrico acentuado. Em função da elevada demanda evapotranspirométrica nesta região, as necessidades de água das culturas superam substancialmente o total de chuvas precipitadas, fazendo com que a água disponível para as plantas permaneça a maior parte do ano abaixo da capacidade de armazenamento dos solos originando, assim, um déficit hídrico.

O crescimento, desenvolvimento e produção da mamona são plenamente satisfeitos mediante um suprimento hídrico diferenciado para suas diferentes fases fenológicas. Pesquisas realizadas pela Empresa Baiana de Desenvolvimento Agropecuário - EBDA e pela EMBRAPA Algodão, concluíram que tanto para a cultivar BRS-149 Nordestina quanto para a BRS-188 Paraguaçu, o potencial de produtividade médio varia de 1.500 kg ha⁻¹ em condições de sequeiro a 5.000 kg ha⁻¹ em condições de irrigação (CARVALHO, 2005).

Segundo Doorenbos & Pruitt (1977), a mamona cultivada em áreas de clima semiárido ou árido, apresenta ciclo vegetativo de aproximadamente 180 dias, dividido em quatro fases

fenológicas: inicial (0 a 25 dias), de desenvolvimento (26 a 40 dias), intermediária (41 a 65 dias) e final (66 a 115 dias). Ainda segundo esses autores, o coeficiente de cultivo (kc) para a fase intermediária pode variar de 1,05 a 1,20 em função da umidade relativa do ar e da velocidade do vento, tornando-se constante (0,5) na fase final de cultivo.

Lima et al. (2004), ressaltam a existência de poucos estudos com relação à eficiência do uso de água pela mamona de forma que, em avaliações realizadas através dos componentes do balanço de energia em uma região do Brejo Paraibano, pelo tempo de 60 dias (a partir do semeio), encontraram valores de evapotranspiração da cultura no total de 88,3 mm, com média de 1,84 mm d⁻¹. Neste sentido, Carvalho (2005) indica que a prática da irrigação, tal como as pesquisas nesta área, é realmente bastante escassa na literatura; entretanto, produtividades obtidas sob condições de pivô central no Estado da Bahia têm confirmado o potencial das cultivares BRS-149 Nordestina e BRS-188 Paraguaçu quando manejadas adequadamente, chegando a apresentar rendimentos médios acima de 5 toneladas por hectare.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento

O experimento foi desenvolvido no período de 20 de junho a 09 de novembro de 2007, em estufa agrícola com área total de 300 m², pé direito de 3m, altura do vão central de 4m, coberto com plástico transparente de 0,5mm de espessura, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEAg) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, Campus I, Campina Grande, PB, localizada pelas coordenadas geográficas 7° 15' 18'' S e 35° 52' 28'' W e altitude de 550m.

3.2. Substrato utilizado

De acordo com Azevedo et al. (1997) a mamoneira se desenvolve e produz bem em qualquer tipo de solo, exceto naqueles de textura argilosa e drenagem deficiente. Desta forma, utilizaram-se amostras de um solo franco arenoso, classificado como Neossolo Quartzarênico, proveniente do Distrito do Alvinho, no município de Campina Grande, PB, as quais foram coletadas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, secadas ao ar e passadas em peneira com malha de 6 mm de abertura. Uma subamostra foi passada em peneira com malha de 2 mm de abertura e caracterizada química e fisicamente, no Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG-CAMPUS I, seguindo-se a metodologia proposta pela Embrapa (1997) (Tabela 2).

3.3. Cultivar utilizada

A cultivar utilizada no experimento foi a BRS-188 Paraguaçu, correspondente às selecionadas e recomendadas para ser cultivada na região Nordeste. Esta cultivar apresenta altura média de 1,60 m, caule de coloração roxa, com cera, racemo oval, frutos semideiscentes e sementes de coloração preta. Sob condições semiáridas brasileiras e em anos normais quanto à precipitação pluvial, o período entre a emergência da plântula e a floração do primeiro racemo é de 54 dias; a massa é de 71g para 100 sementes; o teor médio de óleo na semente é de 47,72 % e a produtividade média de 1500 kg de grãos por hectare (EMBRAPA, 2002).

Tabela 2. Características físicas e químicas do Neossolo Quartzarênico, utilizado no experimento

Características Físicas		Valor
Granulometria (g kg ⁻¹)	Areia	770,5
	Silte	84,6
	Argila	144,9
Classificação textural		Franco Arenoso
Densidade global		1,46
Densidade das partículas		2,65
Porosidade total (%)		46,47
Capacidade de campo (%)		5,25
Ponto de murcha (%)		1,98
Água disponível (%)		3,27
Características Químicas (Fertilidade/Salinidade)		
Cálcio (meq 100g ⁻¹ de solo)		2,41
Magnésio (meq 100g ⁻¹ de solo)		2,37
Sódio (meq 100g ⁻¹ de solo)		0,04
Potássio (meq 100g ⁻¹ de solo)		0,02
Soma de bases (S) (meq 100g ⁻¹ de solo)		4,84
Hidrogênio (meq 100g ⁻¹ de solo)		0,95
Alumínio (meq 100g ⁻¹ de solo)		0,20
Capacidade de troca de cátions (CTC) (meq 100g ⁻¹ de solo)		5,99
Carbonato de cálcio qualitativo		Ausente
Carbono orgânico (%)		0,38
Matéria orgânica (%)		0,65
Nitrogênio (%)		0,03
Fósforo assimilável (mg 100g ⁻¹)		2,17
pH H ₂ O (1:2,5)		6,45
Condutividade elétrica – mmhos cm ⁻¹ (suspensão solo-água)		0,20
pH (extrato de saturação)		6,28
Condutividade elétrica – mmhos cm ⁻¹ (extrato de saturação)		0,19
Cloreto (meq L ⁻¹)		1,00
Carbonato (meq L ⁻¹)		0,00
Bicarbonato (meq L ⁻¹)		1,00
Sulfato (meq L ⁻¹)		Ausente
Cálcio (meq L ⁻¹)		0,62
Magnésio (meq L ⁻¹)		0,88
Potássio (meq L ⁻¹)		0,24
Sódio (meq L ⁻¹)		0,77
Porcentagem de Saturação (V %)		19,66
RAS		0,88
PSI		0,67
Salinidade		Não salino
Classe de Solo		Normal

3.4. Tratamentos

Os tratamentos consistiram de doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, aplicados de forma isolada. Utilizaram-se cinco doses crescentes de nitrogênio (N) com doses fixas de fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O); cinco doses crescentes de P_2O_5 com doses fixas de N e K_2O e cinco doses de K_2O com doses fixas de N e P_2O_5 , totalizando quinze tratamentos, mas ao combinar os elementos têm-se três doses iguais, restando assim treze tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Tratamentos utilizados no experimento

Tratamentos					
Nitrogênio (N)		Fósforo (P_2O_5)		Potássio (K_2O)	
kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹	
N ₁ PK	<u>40:90:60</u>	NP ₁ K	40:30:60	NPK ₁	40:90:30
N ₂ PK	80:90:60	NP ₂ K	40:60:60	NPK ₂	<u>40:90:60</u>
N ₃ PK	120:90:60	NP ₃ K	<u>40:90:60</u>	NPK ₃	40:90:90
N ₄ PK	160:90:60	NP ₄ K	40:120:60	NPK ₄	40:90:120
N ₅ PK	200:90:60	NP ₅ K	40:150:60	NPK ₅	40:90:150

As doses crescentes utilizadas neste trabalho tiveram, como base, a menor recomendação para mamoneira, feita por Azevedo et al. (1997), que corresponde a 40:30:30 kg ha⁻¹ de N:P₂O₅:K₂O.

Os adubos utilizados como fontes de N, P e K foram sulfato de amônia e uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente.

3.5. Instalação e condução do experimento

Em cada unidade experimental, correspondente a um vaso plástico com capacidade volumétrica de 100 L (56,5 cm de altura, 41,5 cm de diâmetro superior e 34 cm de diâmetro inferior), foram colocados 78 kg de solo previamente adubado com P (100% do total da dose) e K (20% do total da dose) de acordo com os tratamentos; em seguida, as unidades experimentais foram irrigadas até atingir a capacidade de campo (CC); os 80% restantes de cada dose de K foram aplicados em cobertura e parcelados, cuja primeira aplicação foi 20 dias

após o semeio. A adubação nitrogenada também foi parcelada, sendo a primeira aplicação 15 dias após a germinação, alternando sulfato de amônia e uréia, aplicados via água de irrigação.

Soluções de zinco e cobre diluídos em água destilada, foram utilizadas para realizar adubações foliares aplicadas durante a fase vegetativa, na tentativa de reduzir deformações foliares apresentadas pela cultivar. As aplicações foram feitas sempre quando do aparecimento dos sintomas.

Colocaram-se, em cada vaso, cinco sementes, de forma equidistante, a uma profundidade de 2,0 cm. Após a germinação, quando as plantas atingiram de 10 a 12 cm, por volta dos vinte dias após a sementeira (20 DAS), realizou-se o primeiro desbaste deixando-se as três plantas mais vigorosas do vaso; o segundo desbaste foi realizado aos 30 DAS quando se eliminaram mais duas plantas mantendo-se apenas uma planta vigorosa por vaso, permanecendo assim até o final do experimento.

O conteúdo de água do solo ao longo do período experimental foi monitorado diariamente em percentagem volumétrica utilizando-se uma sonda TDR segmentada, marca DELTA-T DEVICES, introduzida no solo através de um tubo de acesso instalado em um vaso de cada repetição, no total de 15 tubos. Os valores obtidos através do TDR para os intervalos de profundidade (10-20, 20-30 e 30-40 cm), eram lançados e processados em uma planilha computacional do Microsoft Excel. Contabilizado o conteúdo de água presente em cada um dos intervalos, realizou-se um balanço do conteúdo total de água do solo definindo-se assim, o volume de água a ser aplicado em cada vaso para que se mantivesse a umidade do solo correspondente à capacidade de campo (100% de água disponível).

A irrigação dos vasos foi processada manualmente, com o auxílio de regadores, utilizando-se água de abastecimento, fornecida pela Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA), cuja composição está apresentada na Tabela 4.

Realizou-se ao longo do experimento, o manejo fitossanitário a fim de manter sob controle as populações de praga e patógenos.

Tabela 4. Análise da água de abastecimento de Campina Grande, PB, 2007

Elementos	Resultados
pH	7,14
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S Cm}^{-1}$)	405
Cálcio (meq L^{-1})	0,87
Magnésio (meq L^{-1})	1,50
Sódio (meq L^{-1})	1,82
Potássio (meq L^{-1})	0,14
Carbonato (meq L^{-1})	0,00
Bicarbonatos (meq L^{-1})	1,50
Cloretos (meq L^{-1})	2,77
Sulfatos (meq L^{-1})	Ausente
Relação de Adsorção de Sódio (RAS)	1,67
Classe de Água	C2

Fonte: Laboratório de Irrigação e Salinidade - UFCG

3.6. Delineamento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, constituído de uma cultivar de mamona e quinze tratamentos com três repetições. Desta forma, o experimento se constituiu de 45 unidades experimentais, com o cultivo de uma planta de mamona até os 140 dias após semeadura (DAS); o espaçamento entre os vasos foi de 1,0 x 1,0 m.

Os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se a análise de variância (ANOVA) e se aplicando o teste de Tukey a 5 % de probabilidade para comparação das médias dos tratamentos e, para o fator quantitativo, utilizou-se a análise de regressão, de acordo com Ferreira (2000).

3.7. Variáveis analisadas no experimento

3.7.1. Altura de planta

As alturas das plantas foram mensuradas do colo à base da folha mais jovem de cada planta, através de uma régua, realizadas aos 20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 dias após a semeadura (DAS).

3.7.2. Diâmetro do caule

Realizaram-se as medições do diâmetro do caule com um paquímetro e as leituras foram efetuadas na região do colo de cada planta, também em intervalos de 20 em 20 dias, até os 140 dias após a semeadura (DAS).

3.7.3. Número de folhas

As folhas tiveram, como critério para sua contagem, o comprimento mínimo de 3,0 cm. As leituras foram realizadas nos mesmos períodos estabelecidos para mensuração da altura das plantas e do diâmetro do caule.

3.7.4. Área foliar

A área foliar é uma das variáveis mais importantes diretamente relacionadas com os processos fisiológicos das plantas (ALVIN, 1962), cujo cálculo foi realizado de acordo com o método de Wendt (1967), utilizando-se da fórmula descrita a seguir:

$$\text{LOG (Y)} = - 0,346 + [2,152 * \text{LOG (X)}]$$

Em que:

Y = área foliar (cm²)

X = comprimento da nervura central da folha (cm).]

Obteve-se a área foliar total de cada tratamento mediante o somatório de todas as áreas foliares, medidas periodicamente.

3.7.5. Número de inflorescências emitidas, número de dias para emissão da 1^a inflorescência e altura de emissão da 1^a inflorescência

As inflorescências foram consideradas abertas e computadas quando se exteriorizaram totalmente medindo-se, então, a altura de sua emissão, desde o colo da planta até a base.

3.7.6. Fitomassa

Ao final do experimento (140 DAS) o material vegetal colhido foi separado em raízes, caules, folhas e cachos, secado em estufa de circulação de ar, a temperatura de 60 °C, até atingir peso constante, antes da determinação de suas massas em balança de precisão. A obtenção da fitomassa total se deu através da soma de cada uma dessas partes.

A relação raíz/parte aérea foi calculada pelo quociente entre os valores de fitomassa das raízes e os valores de fitomassa da parte aérea da planta, aos 140 DAS, através da seguinte equação:

$$R/PA = FR/FPA \text{ (g g}^{-1}\text{)}$$

donde:

FR = Fitomassa das raízes

FPA = Fitomassa da parte aérea

3.7.7. Consumo e eficiência do uso de água

Diariamente foram computadas as quantidades de água consumida pelas plantas, em volume, obtidas em função das leituras realizadas através do TDR, conforme comentado no item anterior.

A eficiência do consumo de água pela cultivar foi determinada pela relação entre o peso da matéria seca total e o volume efetivamente consumido de água em cada unidade experimental, de acordo com a metodologia descrita por Gardner et al. (1985) e Barker et al. (1989).

3.7.8. Produção de frutos e sementes

Todos os frutos produzidos pela planta até o último cacho maduro antes do corte, aos 140 DAS, foram computados e pesados; depois de abertos, procedeu-se à pesagem das sementes de cada tratamento, em uma balança de precisão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Altura de planta

A Figura 1 apresenta a altura de plantas submetidas aos diferentes tratamentos com N, P₂O₅ e K₂O, em função do tempo.

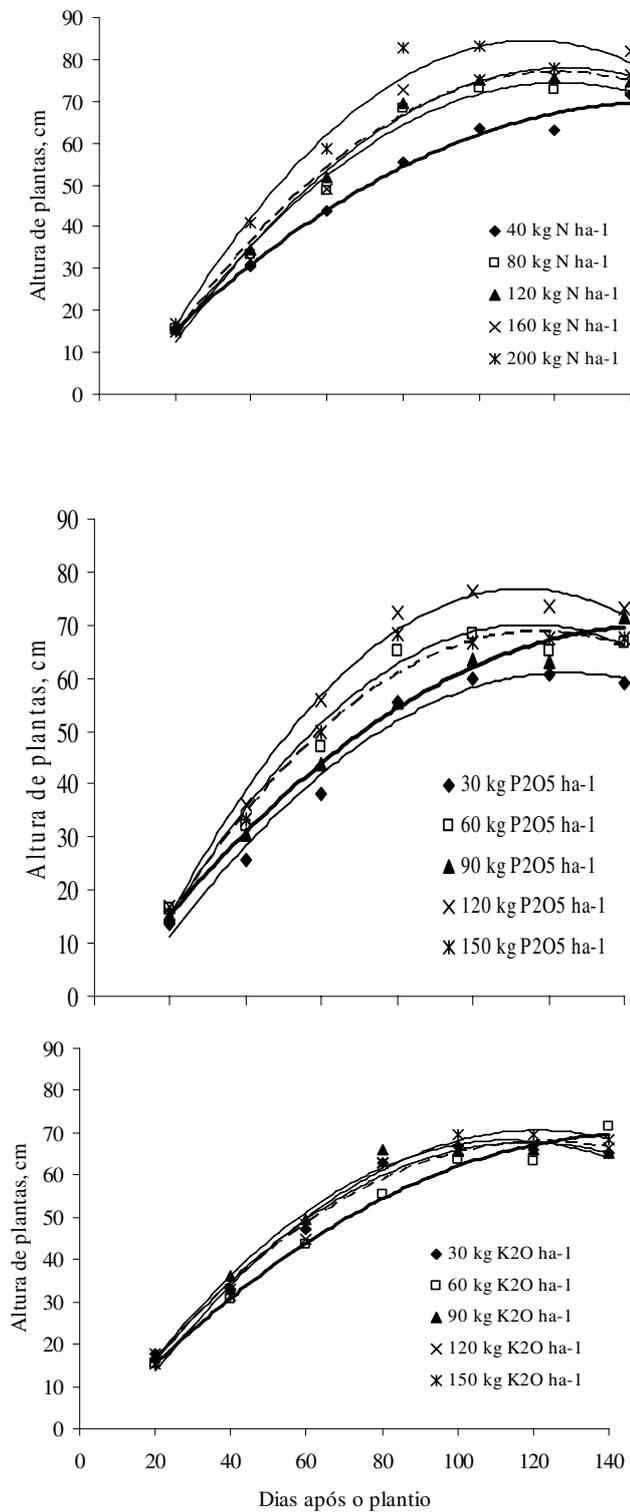


Figura 1. Altura de plantas submetidas aos diferentes tratamentos com N, P₂O₅ e K₂O, em função do tempo

Independentemente da quantidade de elemento recebido, as plantas apresentaram maiores taxas de crescimento em altura, até os 80 DAS, o que pode ser observado através das inclinações das curvas (Figura 1). Após este período as mesmas continuaram crescendo; no entanto, com uma velocidade menor e/ou tiveram altura estabilizada. É importante salientar que a época em que se inicia a diminuição da taxa de crescimento em altura é a mesma em que começam a aparecer às primeiras inflorescências. Segundo Larcher (2000), a paralisação no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo, ocorre pelo direcionamento dos fotoassimilados produzidos para os órgãos produtivos. Os frutos em formação atuam como verdadeiros drenos de fotoassimilados (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O desenvolvimento vegetativo da mamoneira depende sobretudo de um suprimento adequado de nitrogênio. Embora tenham sido utilizadas doses deste elemento acima daquelas normalmente recomendadas para a cultura, aparentemente as plantas não desenvolveram seu potencial de crescimento, cuja altura variou em média, no final do experimento, de 71,37 cm (40 kg N ha⁻¹) a 82,07 cm (200 kg N ha⁻¹), o que provavelmente tenha ocorrido em virtude da falta de uma adubação balanceada, visto que o suprimento de nitrogênio aumentou mas as doses de fósforo e potássio permaneceram constantes; entretanto, essas médias foram as maiores observadas em todo o experimento visto que as médias de altura das plantas que também receberam doses crescentes de fósforo e potássio variaram de 59,03 cm (30 kg P₂O₅ ha⁻¹) a 67,50 cm (150 kg P₂O₅ ha⁻¹) e de 65,43 cm (30 kg K₂O ha⁻¹) a 68,33 cm (150 kg K₂O ha⁻¹), respectivamente (Tabelas 4, 5 e 6).

Ressalta-se que o presente trabalho, ao contrário de outros encontrados na literatura, durante os quais as plantas não sofreram estresse hídrico nem deficiência nutricional, teve que ser finalizado aos 140 DAS decorrente da paralisação do desenvolvimento das plantas em razão de uma “fome aparente”, ou seja, provavelmente não havia mais reservas nutricionais para que as mesmas continuassem se desenvolvendo satisfatoriamente.

Conforme a análise de variância (ANOVA), referente à altura das plantas submetidas aos tratamentos com nitrogênio (Tabela 5), verificou-se efeito significativo ($p < 0,05$) dos mesmos somente nas avaliações feitas aos 80 DAS. Albuquerque et al. (2006), também encontraram efeito significativo de doses crescentes de N (30; 60; 120; 240 e 480 kg ha⁻¹) sobre a altura de plantas, dos 28 aos 56 dias após a emergência das plantas da cultivar BRS 149 Nordestina. De acordo com esses autores, a altura máxima obtida, 45,1 cm, foi alcançada aos 56,7 dias com o uso de 291,2 kg ha⁻¹. Porém, diversos trabalhos na literatura mostram que doses crescentes de N não sofreram efeito significativo sobre a altura das plantas (FERREIRA et al., 2006; SEVERINO et al., 2004b,c; 2006b). Referidos resultados evidenciam a

sensibilidade da mamoneira, com relação ao nível correto de adubação, que ainda é pouco estudado no Brasil, sobretudo nos estados do Nordeste.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para altura da planta relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de nitrogênio

Fonte de variação		Altura da planta						
GL		Quadrado médio						
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
Nitrogênio	4	1,839 ^{ns}	47,556 ^{ns}	89,834 ^{ns}	284,278 [*]	146,848 ^{ns}	144,903 ^{ns}	53,636 ^{ns}
Repetição	2	5,834 ^{ns}	84,593 ^{ns}	171,800 ^{ns}	160,833 ^{ns}	89,565 ^{ns}	95,361 ^{ns}	32,013 ^{ns}
Resíduo	8	7,021	46,876	78,300	58,595	70,169	59,536	26,191
CV %		16,92	19,93	17,58	10,96	11,31	10,43	6,79
		Médias						
		-----cm-----						
Doses de N (kg ha ⁻¹)		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
40		15,32	30,61	43,67	55,56	63,58	63,28	71,39
80		15,70	33,33	48,67	68,50	73,00	72,67	72,33
120		15,53	34,50	51,67	69,67	75,33	75,67	74,67
160		14,83	32,33	49,00	72,83	75,17	76,00	76,33
200		16,93	41,00	58,67	82,67	83,10	82,33	82,07

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo

Segundo Weiss (1983), a mamoneira cresce com teores de nutrientes variáveis mas em solos inférteis não é tolerante. Guimarães et al. (2006), realizando estudos com a cultivar BRS 149 Nordestina e utilizando NPK, obtiveram resultados semelhantes com baixa efetividade no seu crescimento e desenvolvimento inicial.

Conforme a Tabela 5, o comportamento da mamoneira com relação ao nitrogênio, apresentou tendência linear de crescimento apenas aos 80 DAS com o incremento unitário de 0,1464 cm a cada kg ha⁻¹ de N aplicado ao solo; já com relação ao fósforo, observou-se efeito significativo sobre o crescimento das plantas apenas aos 60 DAS, apresentando comportamento linear.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para altura da planta relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de fósforo

Fonte de variação		Altura da planta						
		Quadrado médio						
GL		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
Fósforo	4	4,249 ^{ns}	43,158 ^{ns}	134,941 *	176,776 ^{ns}	110,798 ^{ns}	72,686 ^{ns}	87,989 ^{ns}
Repetição	2	4,568 ^{ns}	17,406 ^{ns}	56,067 ^{ns}	81,233 ^{ns}	231,509 ^{ns}	150,600 ^{ns}	108,899 ^{ns}
Resíduo	8	6,556	26,985	31,817	61,891	105,104	123,371	77,188
CV%		16,48	16,43	12,03	12,40	15,30	16,70	13,01
		Médias						
		-----cm-----						
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
30		13,67	25,83	38,00	55,50	59,93	60,50	59,03
60		16,30	32,17	47,00	65,17	68,40	65,17	66,83
90		15,32	30,61	43,67	55,56	63,58	63,28	71,39
120		16,77	36,00	56,00	72,50	76,17	73,50	73,00
150		15,67	33,50	49,67	68,50	66,87	67,50	67,50

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo

Severino et al. (2004a e 2006a,b), trabalhando com a cultivar BRS-149 Nordeste, também não encontraram efeito significativo da adubação fosfatada sobre a altura das plantas; ao contrário, Ferreira et al. (2006), testando doses de P₂O₅ (0; 40; 80 e 160 kg ha⁻¹), encontram efeito significativo das mesmas sobre este parâmetro.

Em relação ao potássio, o crescimento da mamoneira não foi afetado com o incremento da dose aplicada. Severino et al. (2004a e 2006a,b), trabalhando com a cultivar BRS 149 Nordeste, também não observaram efeito significativo da adubação potássica sobre a altura das plantas, contrariando o que foi observado por Severino et al. (2004b), que encontraram tal efeito.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para altura da planta relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de potássio

Fonte de variação		Altura da planta						
		Quadrado médio						
GL		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
Potássio	4	4,189 ^{ns}	12,636 ^{ns}	16,414 ^{ns}	45,829 ^{ns}	14,903 ^{ns}	15,488 ^{ns}	19,574 ^{ns}
Repetição	2	18,989 *	88,686 ^{ns}	199,400 ^{ns}	155,096 ^{ns}	221,258 ^{ns}	189,541 ^{ns}	206,486 ^{ns}
Resíduo	8	2,770	40,873	83,900	57,217	122,346	130,428	61,347
CV%		10,06	19,48	19,60	12,18	16,66	17,24	11,62
		Médias						
		-----cm-----						
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
30		17,63	33,00	47,33	62,83	66,83	66,17	65,43
60		15,32	30,61	43,67	55,56	63,58	63,28	71,39
90		16,77	36,00	49,33	66,17	65,70	66,00	65,17
120		17,70	33,00	45,00	62,83	66,17	66,17	66,60
150		15,33	31,50	48,33	63,00	69,73	69,67	68,33

GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo

4.2. Diâmetro do caule

O diâmetro caulinar é um parâmetro importante em análises de crescimento não destrutivo e, assim como ocorreu para altura de plantas, ele teve crescimento reduzido a partir dos 60 DAS, com exceção do tratamento 200 kg N ha⁻¹ (Figura 5).

Em geral, os valores médios de diâmetro caulinar observados variaram de 1,5 a 2,0 cm, independentemente dos tratamentos. Queiroz et al. (2006a), em trabalhos de aferição do efeito de diferentes temperaturas ambiente sobre o crescimento da cultivar BRS-188 Paraguaçu, conduzidos com diferentes doses de nitrogênio, obtiveram diâmetros caulinares de 1,2 e 1,6 cm, respectivamente aos 40 e 60 DAS, em temperatura próximas às de Campina Grande, valores esses próximos às médias obtidas no presente trabalho considerando-se os tratamentos com nitrogênio, nos respectivos períodos de observação.

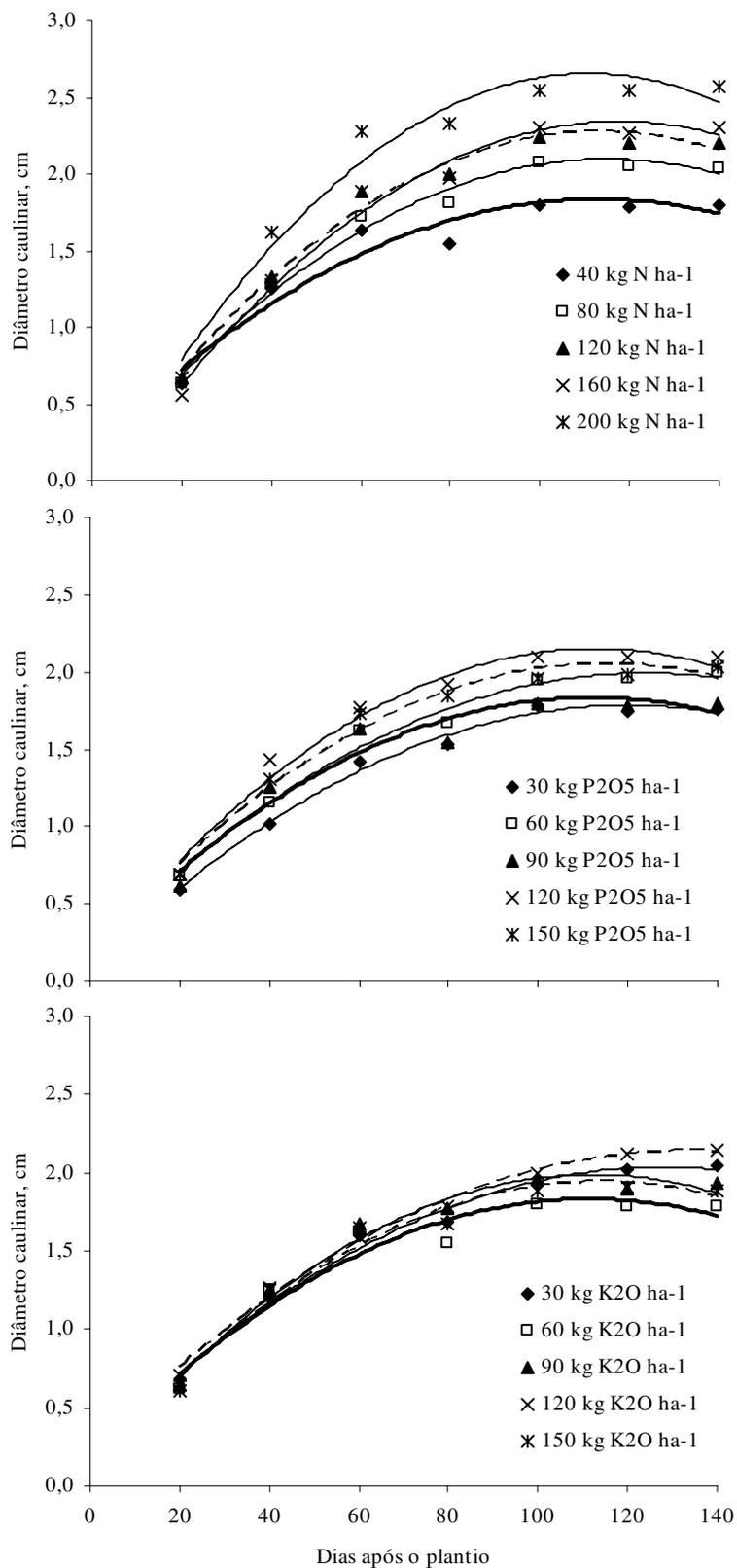


Figura 2. Diâmetro caulinar das plantas submetidas aos diferentes tratamentos com N, P₂O₅ e K₂O, em função do tempo

Segundo Nóbrega et al. (2001), para os padrões da cultura esses caules são classificados como finos. Trabalhando com a cultivar BRS-149 Nordestina, Albuquerque et al. (2006), encontraram diâmetro caulinar máximo de 2,21 cm quando as plantas foram adubadas com 465,9 kg ha⁻¹ de N aos 51,7 dias da emergência.

De acordo com a análise de variância (ANOVA) dos dados (Tabela 8), o efeito do nitrogênio sobre o diâmetro caulinar foi significativo. Severino et al. (2006a), trabalhando com a cultivar BRS-149 Nordestina, não constataram efeito significativo da adubação nitrogenada sobre o diâmetro caulinar das plantas.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para diâmetro do caule relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de nitrogênio

Fonte de variação		Diâmetro do caule						
GL		Quadrado médio						
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
Nitrogênio	4	0,0065 ^{ns}	0,066 ^{ns}	0,183*	0,245*	0,231 ^{ns}	0,236 ^{ns}	0,249 ^{ns}
Repetição	2	0,0056 ^{ns}	0,087 ^{ns}	0,087**	0,119 ^{ns}	0,092 ^{ns}	0,086 ^{ns}	0,090 ^{ns}
Resíduo	8	0,0056	0,030	0,014	0,028	0,068	0,068	0,067
CV %		11,90	12,69	6,40	8,74	11,92	12,04	11,85
Reg. Linear		0,000 ^{ns}	0,166**	0,631*	0,891*	0,891*	0,912*	0,979*
		Médias						
		-----cm-----						
Doses de N (kg ha ⁻¹)		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
40		0,62	1,25	1,63	1,55	1,80	1,78	1,80
80		0,63	1,28	1,72	1,81	2,07	2,05	2,05
120		0,67	1,33	1,88	2,00	2,24	2,20	2,20
160		0,56	1,30	1,88	1,97	2,30	2,27	2,31
200		0,67	1,62	2,28	2,33	2,55	2,54	2,57

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo

Com exceção dos dados coletados aos 20 DAS, que não foram significativos, o restante teve melhor ajuste ao modelo linear, ao longo do ciclo (Figura 3).

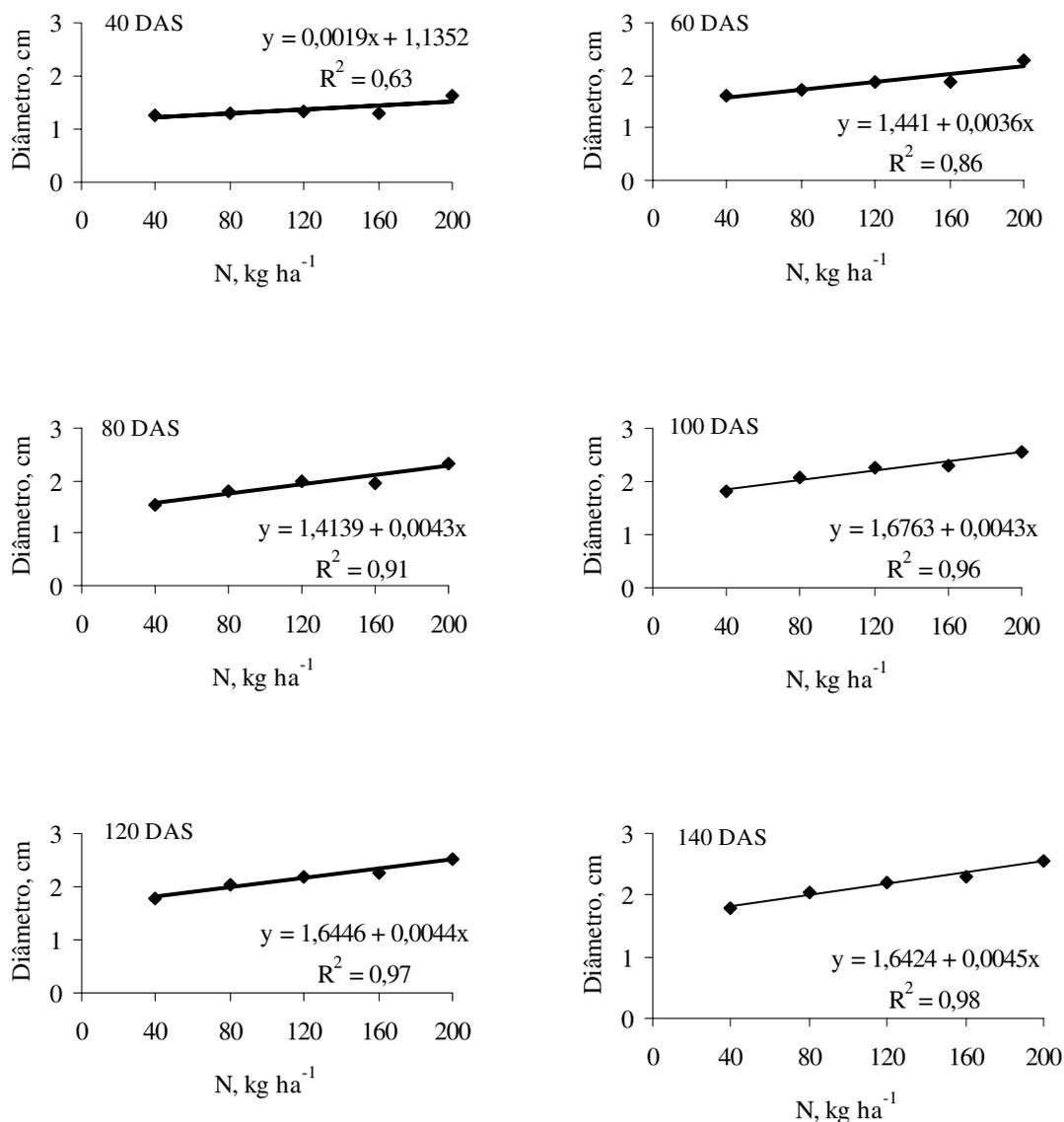


Figura 3. Diâmetro do caule (cm) da cultivar BRS-188 Paraguaçu em função das doses de nitrogênio, ao longo do período experimental (dos 20 aos 140 DAS)

Os tratamentos com fósforo, apesar de terem contribuído para o aumento do diâmetro caulinar das plantas, não tiveram efeito significativo ao longo do ciclo da cultura, corroborando com Severino et al. (2006a).

Os resultados da análise de regressão para o fator fósforo, referentes ao diâmetro caulinar, mostraram que o referido fator não apresentou qualquer tendência significativa de crescimento.

Tabela 9. Resumo da análise de variância para diâmetro do caule relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de fósforo

Fonte de variação		Diâmetro do caule						
		Quadrado médio						
GL		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
Fósforo	4	0,007 ^{ns}	0,070 ^{ns}	0,057 ^{ns}	0,089 ^{ns}	0,050 ^{ns}	0,064 ^{ns}	0,064 ^{ns}
Repetição	2	0,001 ^{ns}	0,015 ^{ns}	0,038 ^{ns}	0,039 ^{ns}	0,063 ^{ns}	0,081 ^{ns}	0,062 ^{ns}
Resíduo	8	0,007	0,029	0,057	0,089	0,125	0,141	0,129
CV%		12,49	13,81	14,58	17,52	18,52	19,66	18,63
		Médias						
		-----cm-----						
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
30		0,59	1,02	1,42	1,53	1,77	1,74	1,76
60		0,68	1,16	1,62	1,67	1,94	1,96	1,99
90		0,62	1,25	1,63	1,55	1,80	1,78	1,80
120		0,69	1,43	1,77	1,92	2,09	2,09	2,09
150		0,69	1,30	1,73	1,84	1,96	1,98	2,03

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; ns - não significativo

Os tratamentos com potássio só indicaram efeito significativo sobre o diâmetro caulinar das plantas no início do experimento (20 DAS), com tendência cúbica. Severino et al. (2006a), trabalhando com a cultivar BRS-149 Nordestina não encontraram efeito significativo da adubação potássica sobre o diâmetro caulinar das plantas (Tabela 10).

Tabela 10. Resumo da análise de variância para diâmetro do caule relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de potássio

Fonte de variação		Diâmetro do caule						
		Quadrado médio						
GL		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
Potássio	4	0,006 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,026 ^{ns}	0,018 ^{ns}	0,052 ^{ns}	0,060 ^{ns}
Repetição	2	0,008 ^{ns}	0,065 ^{ns}	0,095 ^{ns}	0,095 ^{ns}	0,141 ^{ns}	0,231 ^{ns}	0,185 ^{ns}
Resíduo	8	0,002	0,031	0,083	0,096	0,091	0,079	0,071
CV%		7,66	14,20	17,63	18,27	15,71	14,44	13,61
		Médias						
		-----cm-----						
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
30		0,68	1,20	1,60	1,69	1,94	2,02	2,04
60		0,62	1,25	1,63	1,55	1,80	1,78	1,78
90		0,64	1,25	1,67	1,77	1,96	1,90	1,93
120		0,72	1,26	1,59	1,78	2,00	2,12	2,15
150		0,61	1,25	1,65	1,67	1,88	1,91	1,89

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; ns - não significativo

4.3. Número de folhas

A variável, número de folhas, e as dimensões do aparelho fotossintético (área foliar), constituem importante componente morfofisiológico. A variação desta variável, ao longo do período experimental, pode ser observada na Figura 4, na qual se nota que até os 60 DAS ocorreu um rápido aumento do número de folhas, independente dos tratamentos utilizados; após este período, o número de folhas estabilizou e/ou, em alguns casos, aumentou de forma mais lenta.

O aumento no número de folhas à medida em que aumentava a idade da planta e se incrementavam as doses dos nutrientes, foi mais pronunciado nos tratamentos nos quais se variou o nitrogênio, tendo os demais tratamentos, com exceção do 120 kg P₂O₅ ha⁻¹, apresentado comportamento semelhante.

Rodrigues et al. (2006a) observaram diminuição progressiva no número de folhas da cultivar BRS-188 Paraguaçu, após os 90 DAS.

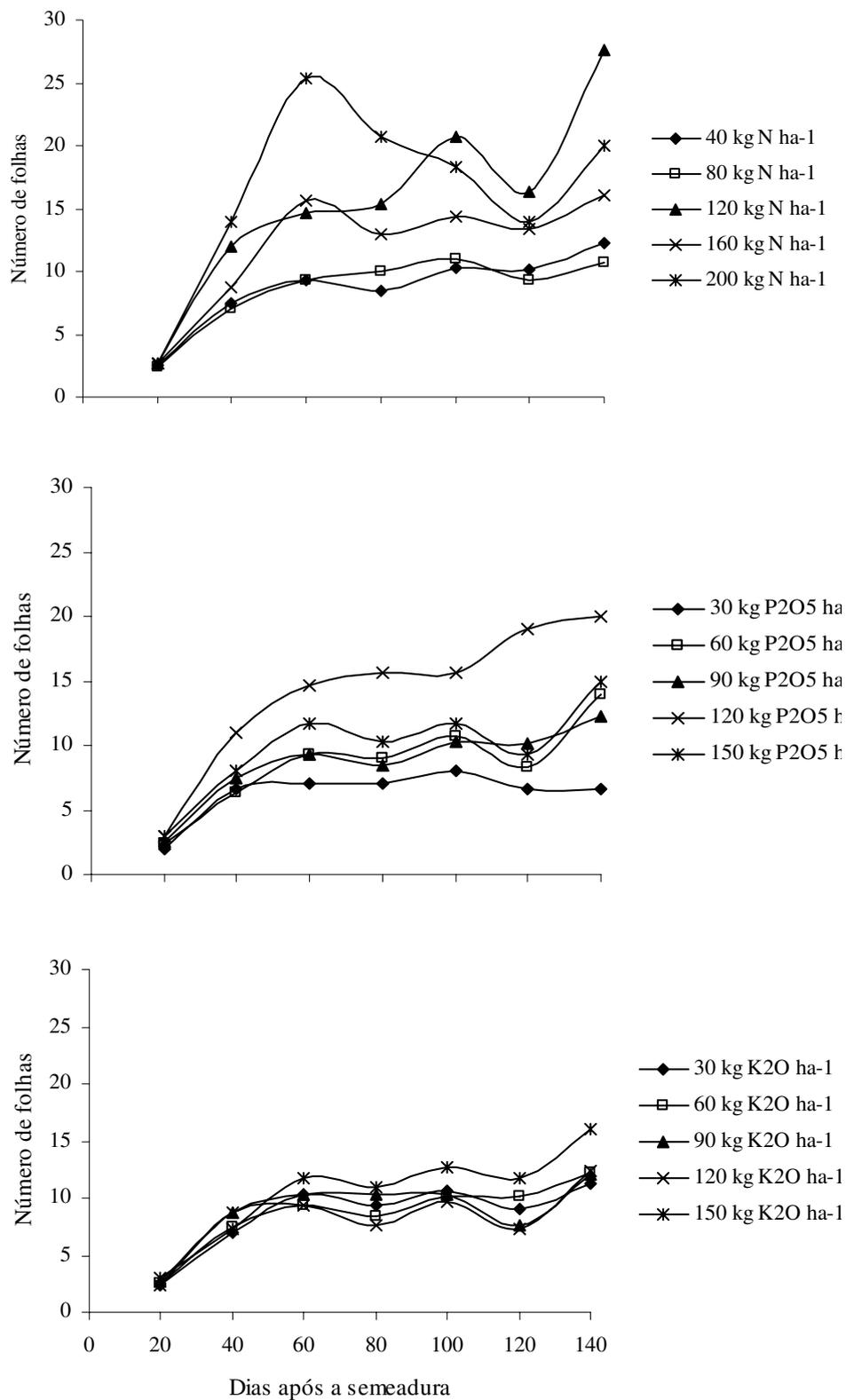


Figura 4. Número de folhas das plantas submetidas aos diferentes tratamentos com N, P₂O₅ e K₂O, em função do tempo

Em geral, os maiores números de folhas foram observados nas plantas que receberam os tratamentos com N (Tabelas 11, 12 e 13), porém foram menores que os encontrados por Barros Júnior (2007) em todas as épocas de observação.

Como mostra a Tabela 11, o número de folhas foi influenciado de forma significativa pelas doses de nitrogênio aos 40, 60 e 140 DAS; aos 40 e 60 DAS, o efeito foi significativo a nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) e mostrou comportamento linear dos dados obtidos; já aos 140 DAS, o efeito foi a nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Queiroz et al. (2006b), também encontraram efeito significativo de doses de nitrogênio sobre o número de folhas da cultivar BRS Paraguaçu.

Tabela 11. Resumo da análise de variância referente a variável número de folhas, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de nitrogênio

Fonte de variação		Número de folhas						
GL		Quadrado médio						
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
Nitrogênio	4	0,063 ^{ns}	27,903 [*]	128,877 [*]	69,669 ^{ns}	61,763 ^{ns}	24,644 ^{ns}	139,589 ^{**}
Repetição	2	0,806 [*]	16,686 ^{ns}	12,600 ^{ns}	13,251 ^{ns}	19,891 ^{ns}	2,286 ^{ns}	19,873 ^{ns}
Resíduo	8	0,198	7,303	34,433	65,267	27,841	12,786	10,314
CV %		17,23	27,52	39,49	59,90	35,38	28,29	18,55
		Médias						
Doses de N (kg ha ⁻¹)		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
40		2,56	7,44	9,33	8,44	10,22	10,22	12,22
80		2,33	7,00	9,33	10,00	11,00	9,33	10,67
120		2,67	12,00	14,67	15,33	20,67	16,33	27,67
160		2,67	8,67	15,67	13,00	14,33	13,33	16,00
200		2,67	14,00	25,33	20,67	18,33	14,00	20,00

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo

O efeito do fósforo foi significativo a nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) apenas em duas épocas de avaliação do experimento, ou seja, aos 20 e 120 DAS (Tabela 12).

Tabela 12. Resumo da análise de variância referente à variável número de folhas, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de fósforo

Fonte de variação		Número de folhas						
GL		Quadrado médio						
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
Fósforo	4	0,563 *	10,359 ^{ns}	25,287 ^{ns}	33,479 ^{ns}	23,713 ^{ns}	69,657 *	69,763 ^{ns}
Repetição	2	0,206 ^{ns}	1,433 ^{ns}	0,867 ^{ns}	8,531 ^{ns}	6,411 ^{ns}	7,653 ^{ns}	26,666 ^{ns}
Resíduo	8	0,098	3,699	27,033	21,697	23,461	13,444	20,283
CV%		12,11	24,39	50,03	46,18	43,07	34,25	33,16
		Médias						
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
30		2,00	6,67	7,00	7,00	8,00	6,67	6,67
60		2,33	6,33	9,33	9,00	10,67	8,33	14,00
90		2,56	7,44	9,33	8,44	10,22	10,22	12,22
120		3,00	11,00	14,67	15,67	15,67	19,00	20,00
150		3,00	8,00	11,67	10,33	11,67	9,33	15,00

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) de probabilidade; ns - não significativo

O potássio, de acordo com os resultados já vistos das outras variáveis de crescimento, não influenciou o número de folhas das plantas durante o ciclo das mesmas (Tabela 13).

Tabela 13. Resumo da análise de variância referente à variável número de folhas, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de potássio

Fonte de variação		Número de folhas						
GL		Quadrado médio						
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
Potássio	4	0,229 ^{ns}	1,869 ^{ns}	2,811 ^{ns}	5,523 ^{ns}	3,966 ^{ns}	9,717 ^{ns}	10,176 ^{ns}
Repetição	2	0,546 ^{ns}	14,546 ^{ns}	64,267 ^{ns}	21,571 ^{ns}	9,171 ^{ns}	21,233 ^{ns}	40,866 ^{ns}
Resíduo	8	0,179	6,504	16,517	13,771	14,104	10,299	31,066
CV%		16,41	32,61	39,87	39,67	35,05	34,98	43,61
		Médias						
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
30		2,33	7,00	10,33	9,33	10,67	9,00	11,33
60		2,56	7,44	9,33	8,44	10,22	10,22	12,22
90		2,67	8,67	10,33	10,33	10,33	7,67	12,00
120		2,33	8,67	9,33	7,67	9,67	7,33	12,33
150		3,00	7,33	11,67	11,00	12,67	11,67	16,00

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; ns - não significativo

4.4. Área foliar

Conforme Alvin (1962), a área foliar é um dos mais importantes índices de crescimento das plantas diretamente relacionado com os processos fisiológicos das mesmas. A medição da área foliar da mamoneira é uma ação bastante significativa para a pesquisa, por se tratar da característica que melhor expressa a adequação ou não, das condições ambientais ao desenvolvimento da planta.

Mantendo as tendências já observadas para altura de planta e diâmetro caulinar, a maior taxa de crescimento da área foliar, independentemente dos tratamentos, ocorreu, em geral, até os 60 DAS para, em seguida, diminuir e até mesmo estabilizar (Figura 5), corroborando com Guimarães et al. (2007) que observaram, neste mesmo período, maior área foliar da cultivar BRS-149 Nordestina, submetida a doses crescentes de nitrogênio. De acordo com os autores, o declínio da área foliar em função do tempo de cultivo é devido à senescência das folhas, o que aliado a isto se tem o fato dos assimilados pelas plantas nesta

época, estarem sendo desviados para satisfazerem as necessidades da frutificação, ocasionando redução em sua área foliar (LARCHER, 2000).

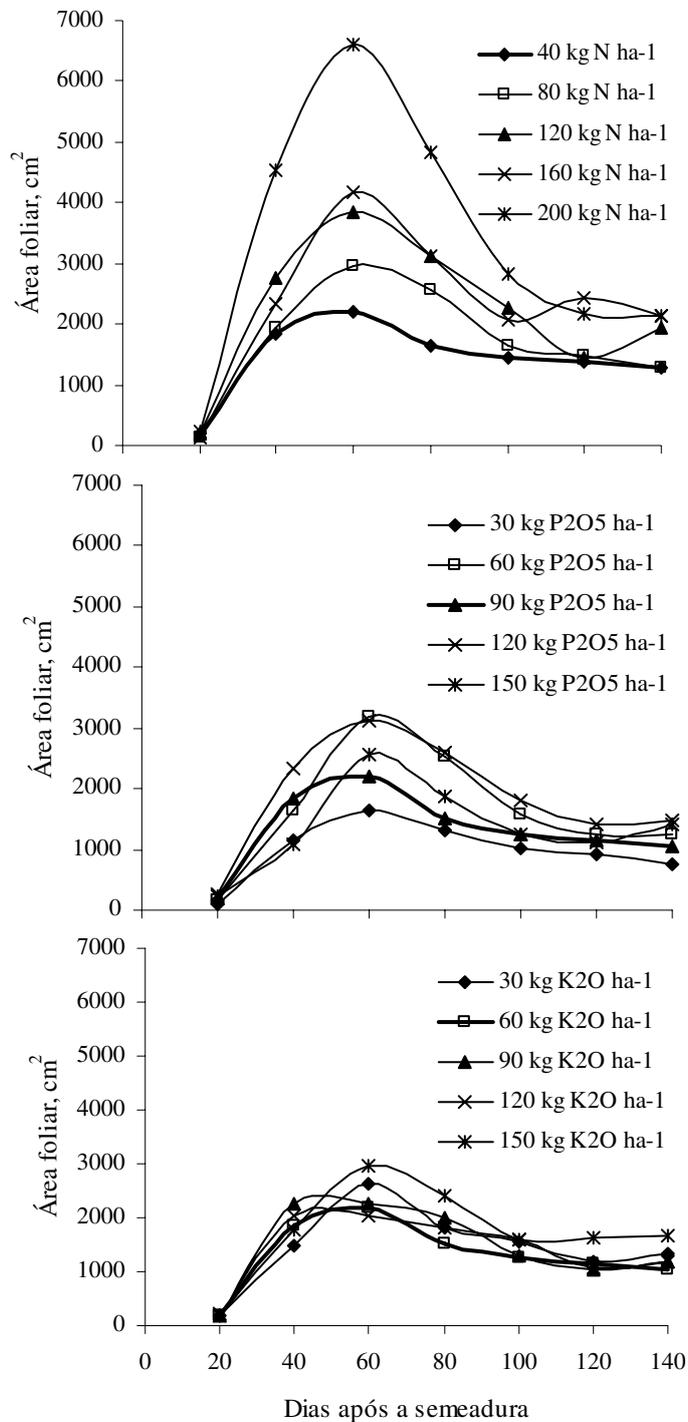


Figura 5. Área foliar das plantas submetidas aos diferentes tratamentos com N, P₂O₅ e K₂O, em função do tempo

Barros Junior (2007), avaliando o efeito do conteúdo de água do solo sobre o desenvolvimento da mamoneira, observou perda progressiva de área foliar, já a partir dos 60 DAS; entretanto, isto ocorreu para os tratamentos mantidos a 40% de água disponível no solo evidenciando, neste caso, o efeito do estresse hídrico, enquanto Rodrigues et al. (2006a), pesquisando a cultivar BRS-188 Paraguaçu, observaram perda progressiva da área foliar para esta mesma cultivar, a partir dos 90 DAS.

SEVERINO et al. (2006c), trabalhando com plantas de mamoneira, cultivar Nordestina, adubadas com 150:150:150 kg ha⁻¹ de NPK, obtiveram, aos 60 dias após a emergência, uma área foliar de 3.691,1 cm². Comparando este valor com aqueles, do mesmo período, correspondentes à área foliar das plantas que receberam doses semelhantes de N, P e K (160; 150 e 150 kg ha⁻¹, respectivamente); no entanto, de forma isolada (Tabelas 13, 14 e 15), observa-se que apenas as plantas que receberam a dose de 160 kg de N ha⁻¹ tiveram área foliar superior ao valor comparado, ou seja, 4.175,10 cm², para os tratamentos com P e K, as plantas apresentaram área foliar em torno de 2.556,13 e 2.951,07 cm², respectivamente devido, provavelmente, à deficiência nutricional.

Plantas bem nutridas apresentaram aos 90 DAS, área foliar em torno de 14.647 cm² (RODRIGUES et al., 2006a), valor este superior aos observados no presente trabalho.

Aos 60 DAS as plantas que receberam tratamento correspondente a 200 kg ha⁻¹ de N, apresentaram área foliar de 6.592,13 cm², valor este semelhante ao encontrado por Barros Junior (2007), em plantas mantidas com 100% de água disponível, no mesmo período.

Conforme a Tabela 14, no decorrer do período experimental os tratamentos com nitrogênio mostraram efeito significativo sobre a área foliar, a nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), aos 40, 60, 120 e 140 DAS.

Tabela 14. Resumo da análise de variância para área foliar, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de nitrogênio

Fonte de variação		Área foliar						
GL		Quadrado médio						
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
Nitrogênio	4	4524,049 ^{ns}	3666963,726 [*]	8326777,006 [*]	4083187,392 ^{ns}	879187,408 ^{ns}	708267,303 [*]	565911,697 [*]
Repetição	2	10538,342 [*]	1224628,053 ^{ns}	618574,209 ^{ns}	893811,528 ^{ns}	355091,045 ^{ns}	8568,392 ^{ns}	22235,729 ^{ns}
Resíduo	8	1707,030	671419,833	2079525,506	2348227,246	587005,442	141301,311	142947,315
CV %		23,02	30,55	36,47	50,31	37,45	21,09	21,46
		Médias						
		-----cm ² -----						
Doses de N (kg ha ⁻¹)		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
40		186,14	1836,84	2197,03	1627,29	1438,81	1391,74	1293,88
80		144,25	1926,99	2955,75	2553,17	1642,58	1468,46	1296,16
120		181,84	2753,03	3852,32	3106,02	2272,90	1443,68	1934,07
160		145,69	2344,49	4175,13	3114,41	2060,99	2435,68	2141,14
200		239,48	4549,09	6592,12	4829,31	2813,53	2171,85	2142,81

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) de probabilidade; ns - não significativo

O fósforo, ao contrário do nitrogênio, afetou de forma significativa a nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) a área foliar aos 20 DAS, sem apresentar efeito nos demais períodos de avaliação (Tabela 15).

Tabela 15. Resumo da análise de variância para área foliar, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de fósforo

Fonte de variação		Área foliar						
GL		Quadrado médio						
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
Fósforo	4	8911,848 *	608090,151 ^{ns}	1252210,451 ^{ns}	985545,413 ^{ns}	294544,712 ^{ns}	99974,482 ^{ns}	251375,145 ^{ns}
Repetição	2	5952,803 ^{ns}	504871,613 ^{ns}	1091815,329 ^{ns}	750135,038 ^{ns}	249507,433 ^{ns}	69153,401 ^{ns}	49865,145 ^{ns}
Resíduo	8	1794,198	234281,868	1682685,024	1449326,795	241207,593	259759,713	195322,228
CV%		22,62	26,87	51,04	61,25	35,56	43,17	37,24
		Médias						
		-----cm ² -----						
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
30		113,04	1137,19	1647,69	1326,43	1020,97	933,63	759,72
60		163,47	1639,12	3193,26	2530,60	1561,77	1261,54	1252,20
90		186,14	1836,84	2197,03	1520,23	1244,66	1160,14	1044,24
120		257,85	2318,39	3113,46	2581,01	1823,42	1428,81	1462,61
150		215,90	2074,72	2556,13	1869,69	1254,05	1119,57	1415,04

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) de probabilidade; ns - não significativo

Apesar da área foliar ter aumentado em função dos tratamentos com potássio, principalmente no início do experimento, não houve diferença significativa entre os mesmos durante todo o período experimental (Tabela 16).

Tabela 16. Resumo da análise de variância para área foliar, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de potássio

Fonte de variação		Área foliar						
GL		Quadrado médio						
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
Potássio	4	419,044 ^{ns}	254579,959 ^{ns}	410295,909 ^{ns}	330138,757 ^{ns}	87434,976 ^{ns}	177121,189 ^{ns}	160887,583 ^{ns}
Repetição	2	7595,523 ^{ns}	1184560,106 ^{ns}	3218624,361 ^{ns}	901703,918 ^{ns}	137696,025 ^{ns}	62968,825 ^{ns}	209711,017 ^{ns}
Resíduo	8	8146,337	1144670,128	1355548,326	658763,126	314904,612	222721,121	215613,657
CV%		47,22	57,00	48,27	42,29	38,62	38,64	36,26
		Médias						
		-----cm ² -----						
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS	140 DAS
30		176,98	1487,38	2617,53	1811,37	1540,25	1176,61	1338,49
60		186,14	1836,84	2197,03	1520,23	1244,66	1160,14	1044,24
90		192,75	2268,31	2264,25	2012,62	1292,70	1046,66	1175,78
120		209,33	2023,18	2029,67	1830,98	1592,98	1077,86	1193,86
150		190,50	1769,62	2951,03	2422,02	1595,40	1644,80	1650,41

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; ns - não significativo

4.5. Número de inflorescências emitidas, número de dias para emissão da 1^a inflorescência e altura de emissão da 1^a inflorescência

O número de inflorescências emitidas pela mamoneira foi, em média, duas por planta (Tabelas 17, 18 e 19), corroborando com Lacerda (2006) que também obteve, em média, 2 inflorescências por planta submetidas ao tratamento com 0,5% de matéria orgânica. Este número é inferior ao apresentado por Barros Júnior (2007), que em tratamentos mantidos na capacidade de campo (100% AD), obteve em média oito inflorescências por planta, quantitativo considerado alto por Nóbrega et al. (2001), e confirmado por Embrapa (2002), para a cultivar Paraguaçu que apresenta de sete a oito racemos por planta; já Severino et al. (2006a) encontraram, em média, 1,4 e 2,9 inflorescências na cultivar BRS 149 Nordeste, sem e com adubação, respectivamente, além de efeito significativo de doses 20, 40 e 80 kg K₂O ha⁻¹ sobre o número de inflorescência, o que não foi observado no presente trabalho, mesmo se considerando os tratamentos com nitrogênio e com fósforo.

Tabela 17. Resumo da análise de variância dos dados de inflorescência (número de inflorescências emitidas, número de dias para emissão da 1ª inflorescência e altura de emissão da 1ª inflorescência), da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de nitrogênio

Fonte de variação		Inflorescência		
GL		Quadrado médio		
		Número de inflorescências emitidas	Nº de dias para emissão da 1ª inflorescências	Altura de emissão da 1ª inflorescência
Nitrogênio	4	0,433 ^{ns}	28,767 ^{ns}	24,067 ^{ns}
Repetição	2	0,267 ^{ns}	393,867 [*]	174,200 ^{**}
Resíduo	8	0,433	83,367	17,867
CV %		44,88	14,46	7,77
Médias				
Doses de N (kg ha ⁻¹)		Nº de inflorescências	Nº de dias	Altura (cm)
40		1,11	65,33	50,33
80		1,33	66,33	54,83
120		1,33	59,67	52,17
160		1,67	64,33	57,00
200		2,00	60,00	57,00

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo

Tabela 18. Resumo da análise de variância dos dados de inflorescência (número de inflorescências emitidas, número de dias para emissão da 1ª inflorescência e altura de emissão da 1ª inflorescência), da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de fósforo

Fonte de variação		Inflorescência		
GL		Quadrado médio		
		Número de inflorescências emitidas	Nº de dias para emissão da 1ª inflorescências	Altura de emissão da 1ª inflorescência
Fósforo	4	0,267 ^{ns}	102,400 ^{ns}	13,433 ^{ns}
Repetição	2	-8,674E-19 ^{ns}	84,867 ^{ns}	66,600 ^{ns}
Resíduo	8	0,167	52,450	27,683
CV%		34,02	11,51	10,78
Médias				
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)		Nº de inflorescências	Nº de dias	Altura (cm)
30		1,00	70,67	45,33
60		1,33	62,67	49,00
90		1,11	65,33	50,33
120		1,67	54,67	50,33
150		1,00	61,33	48,50

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; ns - não significativo

Tabela 19. Resumo da análise de variância dos dados de inflorescência (número de inflorescências emitidas, número de dias para emissão da 1ª inflorescência e altura de emissão da 1ª inflorescência), da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de potássio

Fonte de variação		Inflorescência		
GL		Quadrado médio		
		Número de inflorescências emitidas	Nº de dias para emissão da 1ª inflorescências	Altura de emissão da 1ª inflorescência
Potássio	4	0,067 ^{ns}	20,767 ^{ns}	26,233 ^{ns}
Repetição	2	0,067 ^{ns}	96,200 ^{ns}	35,267 ^{ns}
Resíduo	8	0,067	166,367	27,183
CV%		24,21	19,90	10,04
Médias				
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)		Nº de inflorescências	Nº de dias	Altura (cm)
30		1,00	67,33	51,83
60		1,11	65,33	50,33
90		1,00	65,67	55,00
120		1,00	65,33	54,33
150		1,33	60,33	47,33

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo

No presente estudo o valor médio para emissão da 1ª inflorescência da cultivar BRS 188 Paraguaçu, foi de 63,6 dias após semeadura (DAS) (Tabelas 17, 18 e 19), tendo como base que as primeiras sementes começaram a germinar aos 6 dias; então, a emissão da 1ª inflorescência teria sido, em média, 57 dias após a germinação (DAG); este valor se apresenta próximo ao valor da Tabela 1 e dos apresentados por Silva (2004), 60 DAS, em ensaio conduzido com água de abastecimento, por Carvalho (2005), 54 DAS, e por Sampaio et al. (2006), 54,26 DAS; entretanto, Barros Júnior et al. (2004), verificaram que a emissão da 1ª inflorescência ocorreu aos 33 DAG, em média, para os tratamentos mantidos a capacidade de campo (100% AD).

Conforme a Tabela 17, com o aumento das doses de N no solo a data de emissão da primeira inflorescência foi antecipada corroborando com Sampaio et al. (2006). Da mesma forma, o aumento das doses de fósforo e potássio, fez diminuir o número de dias para emissão da primeira inflorescência, mas nenhum dos tratamentos utilizados teve efeito significativo sobre esta variável, contrariando Sampaio et al. (2006), que encontraram efeito significativo de doses de N sobre a emissão da primeira inflorescência.

A altura da emissão da 1ª inflorescência é uma característica ligada à precocidade da planta, sendo considerada precoce a planta que lança a primeira inflorescência em menor altura. Neste trabalho, a 1ª inflorescência de cada planta apareceu com altura média de 51,58 cm (Tabelas 17, 18 e 19). Barros Júnior et al. (2004) verificaram que certas cultivares de mamona mantidas em capacidade de campo, emitiram sua primeira inflorescência aos 45 cm. Os tratamentos não tiveram efeito significativo sobre esta variável corroborando, então, com Severino et al. (2004c), que trabalhando com a cultivar Nordestina não verificaram efeito das doses crescentes de N, P, K, mas, constataram a importância da adubação da cultivar, uma vez que a altura do primeiro cacho nas plantas adubadas, foi maior que nas plantas não adubadas; eles indicam que isto aconteceu não por conta da precocidade mas pelo comprimento do internódio que aumentou, não sendo percebida diferença no número de nós até o aparecimento do primeiro cacho.

Os resultados para as variáveis número de inflorescências, tempo de aparecimento e altura de emissão, em função dos tratamentos com nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, de acordo com a análise de regressão, não foram significativos.

4.6. Fitomassa

Em geral, os valores de fitomassa total das plantas que receberam os tratamentos de nitrogênio, foram superiores àqueles correspondentes às plantas que receberam os tratamentos com fósforo e potássio (Tabelas 20, 21 e 22). O maior valor observado, 285,44 g, referente ao tratamento de 200 kg N ha⁻¹, foi próximo ao valor encontrado por Barros Junior (2007), 258,41 g, em plantas conduzidas em solos mantidos a 80% de água disponível porém inferior ao correspondente às plantas conduzidas com 100% de água disponível, 1.393,45 g. Silva (2004) obteve, em 150 dias de cultivo da cultivar Paraguaçu, peso médio de 246,72 g de matéria seca; também neste mesmo período Coelho (2006), encontrou um peso médio de 727,9 g para a cultivar Nordestina, e Rodrigues et al. (2006 b), obtiveram médias de peso da matéria seca para a Nordestina de 190,21 g e de 170,62 g para a Paraguaçu, irrigadas a um nível de reposição de 1,05 da evapotranspiração da cultura.

Com exceção dos tratamentos 120 e 160 kg N ha⁻¹ e 120 kg P₂O₅ ha⁻¹, os valores de fitomassa total observados com os demais tratamentos ficaram abaixo daqueles obtidos pelos autores acima, evidenciando o menor crescimento das plantas quando a eles.

Tabela 20. Resumo da análise de variância referente à variável Fitomassa, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de nitrogênio

Fonte de variação		Fitomassa			
GL		Quadrado médio			
		Total	Raízes	Parte Aérea	Raiz / Parte Aérea
Nitrogênio	4	10294,005 *	214,335 ^{ns}	7691,836 *	0,010 ^{ns}
Repetição	2	4096,081 ^{ns}	971,994 ^{ns}	1083,306 ^{ns}	0,013 ^{ns}
Resíduo	8	2703,962	259,459	1590,540	0,006
CV %		25,93	35,63	25,66	25,83
Reg. Linear		37567,193 **	-	27508,774 **	-
Desvio		2508,641 ^{ns}	-	2060,687 ^{ns}	-
Médias (g)					
Doses de N (kg ha ⁻¹)		Total	Raízes	Parte Aérea	Raiz / Parte Aérea
40		133,74	37,37	96,37	0,40
80		158,70	36,54	122,16	0,30
120		222,47	45,58	176,89	0,26
160		209,17	49,67	159,50	0,30
200		285,44	56,33	229,10	0,24

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) de probabilidade, ; ns - não significativo

Tabela 21. Resumo da análise de variância referente a variável Fitomassa, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de fósforo

Fonte de variação		Fitomassa			
GL		Quadrado médio			
		Total	Raízes	Parte Aérea	Raiz / Parte Aérea
Fósforo	4	5186,442 ^{ns}	517,371 ^{ns}	2653,484 ^{ns}	0,011 ^{ns}
Repetição	2	1013,668 ^{ns}	151,455 ^{ns}	860,693 ^{ns}	0,009 ^{ns}
Resíduo	8	6939,307	841,677	3235,410	0,012
CV%		54,90	79,11	49,43	36,34
Médias					
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)		Total	Raízes	Parte Aérea	Raiz / Parte Aérea
30		96,36	19,87	76,49	0,25
60		157,02	36,93	120,09	0,31
90		133,74	37,37	96,37	0,40
120		210,06	56,44	153,62	0,32
150		161,47	32,69	128,78	0,25

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; ns - não significativo

Tabela 22. Resumo da análise de variância referente à variável Fitomassa, relativo aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu, em função das doses de potássio

Fonte de variação		Fitomassa			
GL	Quadrado médio				
	Total	Raízes	Parte Aérea	Raiz / Parte Aérea	
Potássio	4	294,568 ^{ns}	48,590 ^{ns}	235,620 ^{ns}	0,007 ^{ns}
Repetição	2	6548,842 ^{ns}	583,428 ^{ns}	3318,483 ^{ns}	0,011 ^{ns}
Resíduo	8	3498,639	167,100	2345,635	0,010
CV%		40,79	34,43	45,08	28,41

Médias				
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Total	Raízes	Parte Aérea	Raiz / Parte Aérea
30	148,79	36,88	111,91	0,33
60	133,74	37,37	96,37	0,40
90	137,57	31,75	105,82	0,32
120	145,90	42,62	103,28	0,42
150	158,98	39,23	119,75	0,34

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; ns - não significativo

Conforme as Tabelas 20, 21 e 22, apenas os tratamentos com N tiveram efeito significativo sobre a fitomassa total e da parte aérea, tendo a total aumentado de forma linear, em função das doses crescentes de N (Figura 6).

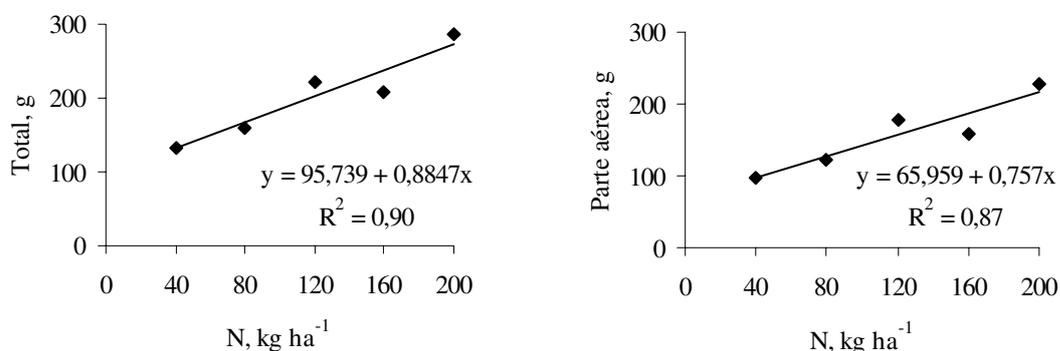


Figura 6. Fitomassa da cultivar BRS-188 Paraguaçu em função das doses de nitrogênio, ao longo do período experimental (dos 20 aos 140 DAS)

Em geral, a produção da fitomassa da parte aérea obtida para os tratamentos com N (Tabela 20), foi maior que dos tratamentos com P e K (Tabelas 21 e 22). O maior valor observado, 229,10 g, referente ao tratamento de 200 kg N ha⁻¹, ficou entre 184,5 g e 319,83 g, encontrados por Lacerda (2006) em plantas cultivadas em solos mantidos a 70 e 80% de água disponível, respectivamente, enquanto Sampaio et al. (2006) encontraram, avaliando o efeito de doses crescentes de N no desenvolvimento da cultivar Nordeste, valor de 170,4 g para fitomassa da parte aérea de plantas adubadas com 479 kg N ha⁻¹. Da mesma forma, o valor da fitomassa das raízes encontrado por esses autores, 27,8 g, foi inferior aos encontrados no presente trabalho, os quais variaram de 31,67 g (90 kg K₂O ha⁻¹) a 56,67 g (200 kg N ha⁻¹), com exceção do tratamento 30 kg P₂O₅ ha⁻¹ (19,67 g) (Tabelas 22, 20 e 21, respectivamente).

A relação entre a fitomassa das raízes e a fitomassa da parte aérea, indica o nível de contribuição das reservas armazenadas no sistema radicular no favorecimento do crescimento da parte aérea. Segundo Magalhães (1979), esta relação é considerada importante indicador ecológico e morfogenético. Os valores encontrados, variando de 0,24 g g⁻¹ (200 kg N ha⁻¹) (Tabela 20) a 0,42 g g⁻¹ (120 kg K₂O ha⁻¹) (Tabela 22), foram superiores a 0,13 g g⁻¹ observados por Barros Junior (2007) em plantas bem nutridas e conduzidas em solos mantidos a 100% de água disponível, que ainda encontrou um valor de 0,20 g g⁻¹ para plantas conduzidas em solos com 40% de água disponível.

Pela análise de regressão pode-se verificar que as fitomassas, total e da parte aérea, foram afetadas significativamente apenas pelos tratamentos com N, corroborando com Sampaio et al. (2006), que constataram efeito significativo de doses crescentes de N sobre a fitomassa da parte aérea da cultivar BRS-149 Nordeste. A fitomassa total e da parte aérea das plantas respectivamente, aumentaram de forma linear com relação às doses de nitrogênio utilizadas (Figura 6).

De acordo com Peuke et al. (2002), a deficiência de potássio aumenta a relação raiz-
-parte aérea devido ao direcionamento de carbono para as raízes causando, em consequência do aumento no seu crescimento, o que não foi observado no presente trabalho.

Em relação à fitomassa das raízes, observa-se que não houve efeito significativo de nenhum tratamento utilizado, ao contrário de Sampaio et al. (2006), que encontraram efeito significativo sobre esta variável.

4.7. Consumo e eficiência do uso de água

Segundo Doorenbos & Pruitt (1977), variedades comprovadamente produtivas, quando manejadas em um patamar ótimo de disponibilidade de água e que recebam, no momento oportuno, os insumos necessários à produção agrícola, podem apresentar rendimentos até quatro vezes superiores àquelas que, mesmo com os demais insumos disponibilizados, são submetidas a estresse hídrico; e em que determinadas culturas só apresentam rendimentos aceitáveis quando a umidade do solo se mantém acima de 50% de água disponível. Lacerda (2006), trabalhando com a cultivar BRS-188 Paraguaçu com diferentes níveis de água, mostra que a exigência da cultura é ainda maior, com rendimentos consideráveis, aparecendo a partir de 90% de água disponível do solo. No caso da cultivar de mamona em estudo observou-se que, mesmo mantendo a cultura a nível de 100% de água disponível, os volumes de água consumidos (Tabelas 23, 24 e 25), foram aquém daqueles encontrados por Lacerda (2006) e Barros Junior (2007).

Tabela 23. Resumo da análise de variância referente às variáveis volume consumido e eficiência do uso da água, relativo às doses de nitrogênio e aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu

Fonte de variação	Volume consumido e eficiência do uso da água		
	GL	Quadrado médio	
		Volume consumido	Eficiência
Nitrogênio	4	523,162 ^{ns}	0,306 *
Repetição	2	406,079 ^{ns}	0,089 ^{ns}
Resíduo	8	291,050	0,056
CV %		15,76	13,15
Médias			
Doses de N (kg ha ⁻¹)		Volume consumido (L)	Eficiência (g L ⁻¹)
40		91,28	1,43
80		98,71	1,60
120		112,55	1,90
160		114,11	1,82
200		124,54	2,27

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) de probabilidade; ns - não significativo

Tabela 24. Resumo da análise de variância referente às variáveis consumo e eficiência do uso da água, relativo às doses de fósforo e aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu

Fonte de variação	Volume consumido e eficiência do uso da água		
	GL	Quadrado médio	
		Volume consumido	Eficiência
Fósforo	4	276,286 ^{ns}	0,189 ^{ns}
Repetição	2	288,151 ^{ns}	0,037 ^{ns}
Resíduo	8	492,654	0,209
CV%		23,16	30,36
Médias			
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)		Volume consumido (L)	Eficiência (g L ⁻¹)
30		84,25	1,13
60		94,22	1,61
90		91,28	1,43
120		109,85	1,81
150		99,64	1,55

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; ns - não significativo

Tabela 25. Resumo da análise de variância referente às variáveis consumo e eficiência do uso da água relativo às doses de potássio e aos dados obtidos até os 140 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS-188 Paraguaçu

Fonte de variação	Volume consumido e eficiência do uso da água		
	GL	Quadrado médio	
		Volume consumido	Eficiência
Potássio	4	29,014 ^{ns}	0,025 ^{ns}
Repetição	2	589,166 ^{ns}	0,218 ^{ns}
Resíduo	8	355,531	0,093
CV%		20,16	20,19
Médias			
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)		Volume consumido (L)	Eficiência (g L ⁻¹)
30		97,38	1,49
60		91,28	1,43
90		94,93	1,42
120		89,55	1,63
150		94,54	1,57

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; ns - não significativo

Em geral, a média dos volumes de água consumidos pelas plantas submetidas aos tratamentos com N, foi maior que as obtidas para os tratamentos com P e K, uma vez que essas plantas foram as que apresentaram maior fitomassa total. De acordo com Doorenbos & Pruit (1997), o aumento no rendimento da fitomassa está associado a um consumo maior de água.

Pela análise de regressão observa-se que o volume de água consumido pela mamoneira durante todo o período da condução do experimento (140 dias), foi significativo apenas em função das doses de N (Tabelas 23). Também com relação às doses de nitrogênio, constatou-se maior eficiência do uso de água (em média $1,81 \text{ g L}^{-1}$), apresentando comportamento linear crescente.

As eficiências do uso de água pelas plantas submetidas aos tratamentos com P e K foram, em média, semelhantes, estando em torno de $1,5 \text{ g L}^{-1}$. Esses tratamentos não tiveram efeito significativo também sobre esta variável (Tabelas 24 e 25).

4.8. Produção de frutos e sementes

Mantendo a mesma tendência observada para os parâmetros já avaliados, os tratamentos com N foram os que proporcionaram maiores pesos de fruto, sementes e casca; mesmo assim, os valores encontrados estiveram aquém dos observados por Lacerda (2006) e Barros Júnior (2007), evidenciando a baixa produção de fotoassimilados pelas plantas e, conseqüentemente, baixa produção.

De acordo com a análise de variância (Tabela 26), os tratamentos com nitrogênio não tiveram efeito significativo sobre os pesos dos frutos, sementes e cascas, discordando de Sampaio et al. (2006), que notaram efeito significativo de doses de nitrogênio sobre o número e peso de frutos e número de sementes da cultivar BRS-149 Nordestina, e de Ferreira et al. (2006) que, utilizando doses de N de 0; 30; 60 e 120 kg ha^{-1} em mamoneira híbrida Savana, encontraram efeito significativo dos mesmos sobre a produção de frutos, casca e sementes.

Tabela 26. Resumo da análise de variância referente aos pesos dos frutos, sementes e casca por planta, obtidos até os 140 dias após a semeadura em função das doses de nitrogênio

Fonte de variação		Produção de frutos e sementes		
GL		Quadrado médio		
		Peso dos Frutos	Peso das Sementes	Peso das Cascas
Nitrogênio	4	1964,363 ^{ns}	680,424 ^{ns}	312,523 ^{ns}
Repetição	2	235,153 ^{ns}	118,309 ^{ns}	11,505 ^{ns}
Resíduo	8	570,979	197,245	99,434
CV %		33,47	33,90	32,95
Médias				
Doses de N (kg ha ⁻¹)		Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
40		39,58	23,16	17,99
80		55,32	32,60	22,72
120		85,97	51,97	34,00
160		75,40	42,67	32,73
200		107,07	63,23	43,84

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; ns - não significativo.

Tal qual como para o nitrogênio, em que os tratamentos com fósforo e potássio para essas variáveis, não apresentaram nenhum efeito significativo (Tabela 27 e 28).

Tabela 27. Resumo da análise de variância do peso dos frutos, sementes e casca por planta, obtidos até os 140 dias após a semeadura em função das doses de fósforo

Fonte de variação		Produção de frutos e sementes		
GL		Quadrado médio		
		Peso dos Frutos	Peso das Sementes	Peso das Cascas
Fósforo	4	808,857 ^{ns}	244,782 ^{ns}	155,148 ^{ns}
Repetição	2	164,289 ^{ns}	38,505 ^{ns}	45,515 ^{ns}
Resíduo	8	874,029	280,612	157,015
CV%		55,38	54,33	54,96
Médias				
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)		Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
30		35,90	21,90	14,00
60		53,23	29,54	23,68
90		39,58	23,16	17,99
120		75,85	43,07	32,77
150		61,91	36,45	25,46

GL – graus de liberdade; CV – coeficiente de variação; ns - não significativo

Tabela 28. Resumo da análise de variância do peso dos frutos, sementes e casca por planta, obtidos até os 140 dias após a semeadura em função das doses de potássio

Fonte de variação		Produção de frutos e sementes		
GL		Quadrado médio		
		Peso dos Frutos	Peso das Sementes	Peso da Casca
Potássio	4	206,769 ^{ns}	70,549 ^{ns}	29,792 ^{ns}
Repetição	2	712,073 ^{ns}	219,099 ^{ns}	163,488 ^{ns}
Resíduo	8	620,249	194,381	114,355
CV%		52,34	50,58	52,08
Médias				
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)		Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
30		53,41	30,29	23,12
60		39,58	23,16	17,99
90		46,48	26,93	19,55
120		40,31	22,76	17,55
150		58,49	34,21	24,28

GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; ns - não significativo

5. CONCLUSÕES

- A aplicação de doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio de forma isolada no cultivo da mamoneira, cultivar BRS-188 Paraguaçu até os limites de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 150 kg ha⁻¹ de fósforo e 150 kg ha⁻¹ de potássio, respectivamente, não foi suficiente para as plantas desenvolverem todo o seu potencial produtivo constatando-se, assim, desequilíbrio nutricional, confirmando os postulados da Lei de Liebig.
- Dentre os três nutrientes avaliados a aplicação isolada de nitrogênio foi a que promoveu melhor benefício no desenvolvimento da mamoneira.
- A adubação NPK da mamoneira deve ser realizada de forma equilibrada. Recomenda-se testar, em futuros trabalhos, a aplicação conjunta de, no mínimo, 200, 120 e 150 kg de N, P₂O₅ e K₂O ha⁻¹, respectivamente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, R.C.; SAMPAIO, L.R.; BELTRÃO, N.E.M.; LIMA, R.L.S. Influência de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento e desenvolvimento da mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracajú. **Anais...** Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006. CD – ROM.

ALVIN, P.R.T. **Los factores de la productividad agrícola**. Lima: ILCA, 1962. 20p.

AMORIM NETO, M.S.; ARAÚJO, A.E.; BELTRÃO, N.E.M. Clima e solo. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (eds.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 37-61.

ARAUJO, A.E.; AMORIM NETO, M.S.; BELTRÃO, N.E.M. Municípios aptos e épocas de plantio para o cultivo da mamoneira no Estado da Paraíba. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v.4, n.2, p.103-110, 2000.

AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, N.E.M.; SEVERINO, L.S.; BRANDÃO, Z.N. Manejo Cultural. In: SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; BELTRÃO, N.E.M.; (eds.). **Mamona: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p.15-31.

AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (eds.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 350p.

AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E.M.; SOARES, J.J.; VIEIRA, R.M.; MOREIRA, J.A.N. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no nordeste do Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997. 52p. (Circular Técnica, 25).

AZEVEDO, D.M.P.; NÓBREGA, L.B.; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E.M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (eds.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

BARKER, R.E.; FRANK, A.B.; BERDAHL, J.D. Cultivar and clonal differences for water use efficiency and yield in four forage grasses. **Crop Science**, v.29, p.58-61, 1989.

BARROS JÚNIOR, G.; GUERRA, H.O.C.; LACERDA, R.D.; CAVALCANTI, M.L.F.; BARROS, A.D. Efeito do estresse hídrico sobre a emissão de inflorescências em duas cultivares de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD – ROM.

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

BELTRÃO, N.E.M. **Torta de Mamona (*Ricinus Communis* L.): Fertilizante e alimento.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002. 5p. (Comunicado Técnico 171).

BELTRÃO, N.E.M.; CARDOSO, G.D. Adubação do algodão colorido BRS 200 em sistema orgânico no Seridó Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.222-228, 2005.

BELTRÃO, N.E.M.; CARTAXO, W.V.; PEREIRA, S.R.P.; SOARES, J.J.; SILVA, O.R.R.F. **O cultivo sustentável da mamona no semi-árido brasileiro.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 23p. (Circular técnica, 84).

BELTRÃO, N.E.M.; CARTAXO, W.V.; PEREIRA, S.R.P.; SOARES, J.J.; SILVA, O.R.R.F. **O cultivo sustentável da mamona no semi-árido brasileiro.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 62p. (Cartilha I).

BELTRÃO, N.E.M.; SEVERINO, L.S.; CARDOSO, G.D.; GONDIM, T.M.S.; PEREIRA, J.R. Mudanças no metabolismo da mamoneira, cultivar BRS - 149 Nordeste, na sua fase inicial, em função do estresse hídrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD – ROM.

BELTRÃO, N.E.M.; SILVA, L.C. Os múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus Communis L.*) e a importância do seu cultivo no Brasil. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v.3, n.3, p.7-113, 1999.

BELTRÃO, N.E.M.; SILVA, L.C.; MELO, E.B. Mamona consorciada com feijão visando produção de biodiesel, emprego e renda. **Revista Bahia Agrícola**. v.5, n.2, p. 34-37, 2002.

BELTRÃO, N.E.M.; SILVA, L.C.; VASCONCELOS, O.L.; AZEVEDO, D.M.P.; VIEIRA, D.J. Fitologia. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (eds.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 36-61.

BRASIL ECODIESEL – 2005. Disponível em: < <http://www.brasilecodiesel.com.br>>. Acesso em: 15/11/2007

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. Biodiesel: biocombustível ecológico. **Resumos Expandidos...** Lavras: UFLA, 2005. CD - ROM.

CARVALHO, B.C.L. **Manual do cultivo da mamona**. Salvador: EBDA, 2005. 65 p.

CAVALCANTI, M.L.F. **Germinação e crescimento inicial da mamoneira irrigada com águas salinas**. Campina Grande. 2003. 46p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

CHIERICE, G.O.; NETO, S.C. Aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (eds.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 89-120, 2001.

COELHO, D.K. **Crescimento e desenvolvimento da mamoneira em função da irrigação com águas salinas e matéria orgânica**. Campina Grande. 2006. 85p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Necessidades hídricas das culturas.** (Trad.) Gheyi, H.R.; Metri, J.E.C.; Damasceno, F.A.V. Campina Grande:UFPB, 1977. 204 p.

DUTRA, M.R.; PAIVA, B.R.T.L.; SILVA, R.V.B.; CAMPOS, V.P.; GARCIA, E.P.; CASTRO NETO, P.; FRAGA, A.C. Utilização de produtos alternativos no controle do nematóide *Meloidogyne exigua* em cafeeiros da região sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD – ROM.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 2.ed. 1997, 211p.

EMBRAPA ALGODÃO (Campina Grande-PB). **Banco de dados.** Campina Grande, 2000.

EMBRAPA ALGODÃO (Campina Grande-PB). **BRS – 149 Nordestina e BRS – 188 Paraguçu.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002. 2.ed. folder.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT,** 2005. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat/collections>>. Acesso em: 28 set. 2006.

FERREIRA, G.B.; SANTOS, A.C.M.; XAVIER, R.M.; FERREIRA, M.M.M.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E.M.; DANTAS, J.P.; MORAES, C.R.A. Deficiência de fósforo e potássio 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, 2004. CD-ROM.

FERREIRA,G.B.; SEVERINO, L.S.; Nutrição e fertilidade do solo. In: SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; BELTRÃO, N. E. M.; (eds.). **Mamona: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2006. p. 43-78.

FERREIRA, G.B.; VASCONCELOS, O.L.; PEDROSA, M.B.; ALENCAR, A.R.; FERREIRA, A.F.; FERNANDES, A.L.P. Resposta da mamoneira híbrida Savana a doses de nitrogênio e fósforo, em cambissolo do sudoeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracajú. Cenário atual e perspectivas. **Anais...** Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006. CD – ROM.

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3.ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 422p.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273p.

FORNAZIERI JÚNIOR, A.F. **Mamona: uma rica fonte de óleo e de divisas**. São Paulo: Cone, 1986. 72p.

GARDNER, F.P.; PEARCE, R.B.; MITCHELL, R.L. **Physiology of crop plants**. Ames: Iowa State University, 1985. 321p.

GTI - Grupo de Trabalho Interministerial. **Relatório final do grupo de trabalho interministerial encarregado de apresentar estudos sobre a viabilidade de utilização de óleo vegetal – Biodiesel como fonte alternativa de energia**. Grupo de Trabalho Interministerial, Brasília, DF - 2003.

GUIMARÃES, M.M.B.; ALBUQUERQUE, R.C.; LUCENA, A.M.A.; COSTA, F.X.; FREIRE, M.A.O.; BELTRÃO, N.E.M.; SEVERINO, L.S. Fontes orgânicas de nutrientes e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006. Aracajú. **Anais...** Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006. CD – ROM.

GUIMARÃES, M.M.B.; BELTRÃO, N.E.M.; COSTA, F.X.; LIMA, V.L.A. **Fertilizantes orgânicos testados no plantio da mamona no Estado da Paraíba** - 2007. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/agricultura/44.pdf>> Acesso em: 14/02/2008

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

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Levantamento sistemático da produção Agrícola** - 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 03/10/2007.

JESCHKE, W.; KIRKBY, E.; PEUKE, A.; PATE, J.; HARTUNG, W. Effects of P deficiency on assimilation and transport of nitrate and phosphate in intact plants of castor bean *Ricinus communis* L. **Journal of Experimental Botany**, v. 48, p. 75-91, 1997.

JESCHKE, W.; PEUKE, A.; KIRKBY, E.; PATE, J.; HARTUNG, W. Effects of P deficiency on the uptake, flows and utilization of C, N and H₂O within intact plants of *Ricinus communis* L. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, p. 1737-1754, 1996.

KOURI, J.; SANTOS, R.F. Aspectos econômicos do agronegócio da mamona no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracajú. **Anais...** Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006. CD – ROM.

LACERDA, R.D. **Resposta da mamoneira BRS 188 - Paraguaçu a diferentes níveis de água e matéria orgânica no solo**. Campina Grande. 2006. 82p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

LANGE, A.; MARTINES, A.M.; SILVA, M.A.C.; SORREANO, M.C.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n.1, p. 61-67, 2005.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. (Trad.) de Prado, C. H. B. A. São Carlos: RIMA. 2000. 531p.

LAVRES JÚNIOR, J.; BOARETTO, R.C.; SILVA, M.G.S.; CORREIA, D.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Deficiência de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.2, p.145-151, 2005.

LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; SILVA, I.F. Avaliação dos componentes do balanço de energia num solo cultivado com mamona no Brejo Paraibano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM.

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E.M.; FERREIRA, G.B. Teor de macronutrientes em folhas de mudas de mamoneira cultivadas em diferentes substratos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracajú. **Anais...** Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006. CD – ROM.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M.G. (coord.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU / EDUSP, 1979. p. 331-350.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A.. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1989. 201 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MAZZANI, B. Euforbiáceas oleaginosas: tártago. In: MAZZANI, B. (ed.) **Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas**. Caracas, Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 1983. p. 277-360.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 3. ed. Bern: International Potash Institute. 1982. p.295-318.

MORAES, C.R.A.; SEVERINO, L.S. Influência da saturação hídrica do solo sobre o desenvolvimento da mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. Energia e Sustentabilidade. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM.

MOREIRA, J.A.N.; LIMA, E.F.; FARIAS, F.J.C.; AZEVEDO, D.M.P. **Melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. Campina Grande. Embrapa Algodão, 1996. 29p. (Documento, 44).

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 ESALQ**, v.28, p.323-337, 1971.

NÓBREGA, M.B.M.; ANDRADE, F.P.; SANTOS, J.W.; LEITE, E.J. Germoplasma. In: AZEVEDO, D.P.M.; LIMA, E.F. (eds.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2001. p. 257- 280.

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

PACHECO, D.D.; SATURNINO, H.M.; GONÇALVES, N.P.; SANTOS, D.A.; LOPES, H.F.; ALMEIDA JÚNIOR, A.B.; PINHO, D.B.; MENDES, L.D.; SOUZA, R.P.D. Diagnóstico nutricional para macronutrientes em mamoneiras adubadas 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, 2006a. CD – ROM.

PACHECO, D.D.; SATURNINO, H.M.; GONÇALVES, N.P.; SANTOS, D.A.; LOPES, H.F.; SOUZA, R.P.D.; DOURADO, I.C.; ANTUNES, P.D.; RIBEIRO, D.P. 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, 2006b. CD – ROM.

PAULO, E.M.; BATAGLIA, O.C.; KASAI, F.S.; CAVICHIOLI, J.C. Deficiência de boro em mamoneira. **Bragantia**, v.48, p. 241-247, 1989.

PARENTE, E.J.S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: Tecbio, 2003. 66 p.

PEUKE, A.D., JESCHKE, W.D., HARTUNG, W. Flow of elements, ions and abscisic acid in *Ricinus communis* and site of nitrate reduction under potassium limitation. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 367, p. 241-250, 2002.

PIRES, M.M.; ALVES, J.M.; ALMEIDA NETO, J.A.; ALMEIDA, C.M.; SOUSA, G.S.; CRUZ, R.S.; MONTEIRO, R.; LOPES, B.S.; ROBRA, S. Biodiesel de mamona: Uma avaliação econômica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa, 2004. CD-ROM.

QUEIROZ, W.N.; QUEIROZ, U.C.; BELTRÃO, N.E.M.; DANTAS, R.T. Efeitos isolados e conjuntos da mamoneira (*Ricinus Communis* L.), em função de nitrogênio e temperatura noturna em ambientes diferentes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracajú. **Anais...** Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006b. CD – ROM.

QUEIROZ, W.N.; QUEIROZ, U.C.; BELTRÃO, N.E.M.; DANTAS, R.T.; SILVA, M.I.L. Alocação de fitomassa na mamoneira (*Ricinus Communis* L.) em função da adubação nitrogenada e da temperatura noturna em câmara de crescimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracajú. Cenário atual e perspectivas. **Anais...** Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006a. CD – ROM.

RAIJ, B.V; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RODRIGUES, L.N.; NERY, A.R.; CARVALHO, A.P.; FERNANDES, P.D.; BELTRÃO, N.E.M. Crescimento foliar da mamoneira irrigada com esgoto doméstico sob diferentes níveis de reposição da evapotranspiração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracajú. **Anais...** Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006a. CD – ROM.

RODRIGUES, L.N.; NERY, A.R.; CARVALHO, A.P.; FERNANDES, P.D.; BELTRÃO, N.E.M. Mamoneira irrigada com efluente de esgoto doméstico sob diferentes níveis de reposição da evapotranspiração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracajú. **Anais...** Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006b. CD – ROM.

SAMPAIO, L.R.; ALBUQUERQUE, R.C.; BELTRÃO, N.E.M.; LIMA, R.L.S. Rendimento da mamoneira submetida a diferentes fontes e doses de nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracajú. **Anais...** Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006. CD – ROM.

SANTOS, A.C.M.; FERREIRA, G.B.; XAVIER, R.M.; FERREIRA, M.M.M.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E. de M.; DANTAS, J.P.; MORAES, C.R.A. Deficiência de nitrogênio 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, 2004. CD-ROM.

SANTOS, R.F.; BARROS, M.A.L.; MARQUES, F.M.; FIRMINO, P.T.; REQUIÃO, L.M.G. Análise econômica. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.17-35.

SAVY FILHO, A. **Mamona Tecnologia Agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. 105p.

SAVY FILHO, A.; BENZATTO, N.V.; BONDOZ, M.Z. Mamona. In: CATI - COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. **Oleaginosas no Estado de São Paulo: análise e diagnóstico**. Campinas, 1999. p. 29-39. (CATI. Documento Técnico, 107).

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

SEVERINO, L.S.; FREIRE, R.M.M. Subprodutos. In: SEVERINO, L.S.; MILANI, M.; BELTRÃO, N.E.M.; (eds.). **Mamona: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2006. p.15-31.

SEVERINO, L.S.; LIMA, R.L.S.; ALBUQUERQUE, R.C.; BELTRÃO, N.E.M. Alelopatia de plantas daninhas sobre a mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracajú. Cenário atual e perspectivas. **Anais...** Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006b. CD – ROM.

SEVERINO, L.S.; LIMA, C.L.D.; BELTRÃO, N.E.M.; CARDOSO, G.D.; FARIAS, V.A. Mamoneira submetida a encharcamento do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. Energia e Sustentabilidade. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004a. CD-ROM.

SEVERINO, L.S.; MORAES, C.R.A.; FERREIRA, G.B.; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E.M.; VIRIATO, J.R. Adubação química da mamoneira com NPK e micronutrientes em Assu-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. Energia e Sustentabilidade. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004b. CD-ROM.

SEVERINO, L.S.; MORAES, C.R.A.; FERREIRA, G.B.; CARDOSO, G.D.; GONDIM, T.M.S.; BELTRÃO, N.E.M.; VIRIATO, J.R. **Crescimento e produtividade da mamoneira sob fertilização química em região Semi-Árida**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006c. 16p. (Boletim de Pesquisa, 62).

SEVERINO, L.S.; MORAES, C.R.A.; FERREIRA, G.B.; GONDIM, T.M.S.; FREIRE, W.S.A.; CASTRO, D.A.; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E.M. Adubação química da mamoneira com NPK, cálcio, magnésio e micronutrientes em Quixeramobim-CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004c. CD-ROM.

SILVA, S.M.S. **Germinação, crescimento e desenvolvimento de genótipos de mamoneira irrigados com águas salinas**. Campina Grande. 2004. 74p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2004.

SILVA, W.J. Aptidões climáticas para as culturas do girassol, mamona e amendoim. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v.7, n.82, p. 24-33, 1981.

SOUZA, E.C.A.; NATALE, W. Efeito do boro e do zinco na cultura da mamoneira. **Científica**, v. 2, p. 327-333, 1997.

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, Ministério da Integração Nacional - 2005. Disponível em: <<http://www.sudene.ce.gov.br>> Acesso em: 14/01/2008

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. – Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.

TÁVORA, F.J.A. **A cultura da mamona**. Fortaleza: EPACE. 1982, 111p.

WEISS, E.A. Castor. In: WEISS, E.A. (ed.) **Oilseed crops**. London: Longman. 1983. p. 31-99.

WENDT, C.W. Use of a relationship between leaf length and leaf area of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), castor (*Ricinus communis* L.) and sorghum (*Sorghum vulgare* L.). **Agronomy Journal**, v.59, p.485-487, 1967.