



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Tese de Doutorado

COMPORTAMENTO DE DUAS CULTIVARES DE MAMONA
IRRIGADAS SOB FERTILIZAÇÃO DO SOLO COM NPK

EVANDRO FRANKLIN DE MESQUITA

3.2)

Biblioteca UFCG
SMBC_CDSA
CAMPUS DE SUMÉ
Reg.10426/12

Campina Grande
Paraíba



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



TESE
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

COMPORTAMENTO DE DUAS CULTIVARES DE MAMONA
IRRIGADAS SOB FERTILIZAÇÃO DO SOLO COM NPK

EVANDRO FRANKLIN DE MESQUITA

CAMPINA GRANDE
Estado da Paraíba- Brasil
Julho de 2010.

**COMPORTAMENTO DE DUAS CULTIVARES DE MAMONA
IRRIGADAS SOB FERTILIZAÇÃO DO SOLO COM NPK**

EVANDRO FRANKLIN DE MESQUITA
Engenheiro Agrônomo

**COMPORTAMENTO DE DUAS CULTIVARES DE MAMONA
IRRIGADAS SOB FERTILIZAÇÃO DO SOLO COM NPK**

Orientadores: Dra. Lucia Helena Garófolo Chaves
Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra

Tese 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 Doutor em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

CAMPINA GRANDE
Estado da Paraíba-Brasil
Julho de 2010.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

M581c

Mesquita, Evandro Franklin de

Comportamento de duas cultivares de mamona irrigadas sob fertilização do solo com NPK / Evandro Franklin de Mesquita. – Campina Grande, 2010.

108 f.: il. color

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

Referências.

Orientadores: Profa. Dra. Lucia Helena Garófolo Chaves e Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra

1. Mamona – *Ricinus Communis* L. 2. Fertilização 3. Produção
I. Título.

CDU 633.85(043)



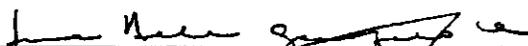
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DO DOUTORANDO

Evandro Franklin de Mesquita

COMPORTAMENTO DE DUAS CULTIVARES DE MAMONA IRRIGADAS SOB
FERTILIZAÇÃO DO SOLO COM NPK

BANCA EXAMINADORA

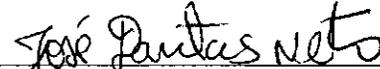
PARECER

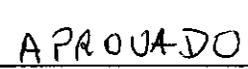

Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves – Orientadora

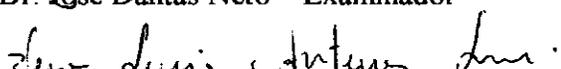


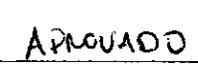

Dr. Hugo Orlando Carvalhó Guerra – Orientador

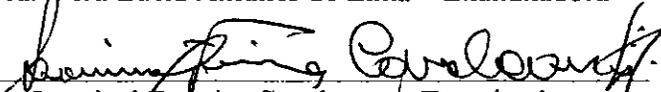

Aprovado

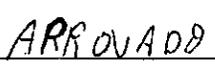

Dr. José Dantas Neto – Examinador

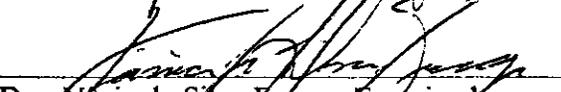

APROVADO

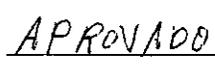

Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima – Examinadora


APROVADO


Dr. Lourival Ferreira Cavalcante – Examinador


APROVADO


Dra. Vânia da Silva Fraga – Examinadora


APROVADO

JULHO - 2010

DEDICO

A minha esposa **LILIANNE FERNANDES FRANKLIN** e ao meu filho **ENZO FERNANDES DE MESQUITA**, pela paciência, compreensão, apoio e renúncias infundáveis para que pudéssemos conquistar mais uma vitória. Obrigado, meus amores.

OFEREÇO

Aos meus pais **BENEDITO FRANKLIN DE MESQUITA** e **ADALVA ALVES DE OLIVEIRA** (in memoriam), por serem orgulho e inspiração da minha vida, e sem os quais não teria alcançado tamanha vitória.

À minha mãe:

Neste momento, alguém que gostaríamos que estivesse conosco está ausente. Mas a lembrança de sua esperança, o som de sua voz sopram suaves nas nossas memórias, num murmúrio de lamento e saudade. Porque há na vida em que, qualquer que seja a posição do nosso corpo, a alma está de joelhos.

Ela se foi num adeus eterno; mas aqui lembrada, presente, eterno.

As minhas irmãs **ERCI, EDNIR, EUNICE, RITINHA E EDIVAM**, por serem co-autores da minha vida e portadores de toda à minha admiração.

MINHA HOMENAGEM

A todas as pessoas *portadoras de necessidades especiais e aquelas que gaguejam* que não deixam de lutar por seus objetivos, sejam eles quais forem, mostrando-nos que podemos sempre mais, basta querermos.

Agradecimentos

... pois sem Vocês não haveria o que hora se apresenta.

A **DEUS**, pela oportunidade que me deu, pois toda decisão vem de Ti. Obrigado pelo teu amparo durante esta jornada, pois sem Ti, nada posso fazer. Obrigado por mais um degrau que me permitiu subir na escada da vida.

A professora, **LÚCIA HELENA GARÓFALO CHAVES**, pela orientação, superação, dedicação, compreensão e acima de tudo, pela nossa sincera amizade construída no decorrer do curso. Obrigado por tudo; Que Deus possa te abençoar cada vez mais.

Ao Professor, **HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA**, pela orientação, amizade, sugestões e correções no decorrer do nosso trabalho.

Aos professores, **LOURIVAL FERREIRA CAVALCANTE, VÂNIA DA SILVA FRAGA, JOSÉ DANTAS NETO e VERA LÚCIA ANTUNES DA SILVA**, pelas sugestões e correções e por terem aceitado fazer parte da banca examinadora desta tese.

Aos professores do Programa Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, por todo ensinamento, dedicação e orientação.

À **Universidade Federal de Campina Grande** por mais uma oportunidade concedida.

À **Universidade Estadual da Paraíba**, especialmente ao *Campus IV* - Catolé do Rocha-PB pela concretização de um sonho "Professor".

À coordenação de pós-graduação de engenharia agrícola.

Aos amigos, **JOÃO BATISTA DOS SANTOS e ROGÉRIO DANTAS**, pela amizade e convivência.

Ao amigo, **MANASSÉS MESQUITA**, um exemplo de pessoa, companheirismo e humildade pelo valioso auxílio nas disciplinas do curso, e sem o qual a jornada teria sido mais árdua.

As minhas amigas **DIVA LIMA ARAÚJO e CLÉBIA PEREIRA DE FRANÇA** pela valiosa contribuição na condução dos experimentos. Meus sinceros agradecimentos.

Ao amigo, **MÁCIO FARIAS**, pela valiosa contribuição nas análises estatísticas e confecções das tabelas e gráficos.

Aos demais colegas da pós-graduação do curso de engenharia agrícola.

Ao laboratório de Irrigação e Salinidade, nas pessoas Doutor, Seu Pedro, Wilson e seu Zé pela amizade e por atenção dada.

A toda minha família e amigos, que sempre me incentivaram com votos de plena confiança, deixo os meus agradecimentos de uma verdadeira amizade.

Àqueles que mesmo não estando nominados (e que são muitos) têm meu profundo agradecimento, pois de alguma, forma contribuíram para o meu desenvolvimento e daqueles que comigo convivem.

Muito obrigado !!!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. A cultura da mamoneira	3
2.1.1. <i>Origem</i>	3
2.1.2. <i>Fitologia</i>	3
2.1.3. <i>Características edafoclimáticas</i>	5
2.1.4. <i>Produtos da mamona</i>	8
2.2. Cultivares de Mamona 189 Paraguaçu e 149 Nordestina	9
2.3. Exigências nutricionais da mamoneira	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. Localização do experimento	17
3.2. Substrato utilizado	17
3.3. Cultivares	19
3.4. Delineamento estatístico e tratamentos	19
3.5. Instalação e condução dos experimentos	22
3.6. Variáveis analisadas nos ensaios	24
3.6.1. <i>Altura de Planta (AP) e Número de Folhas (NF)</i>	24
3.6.2. <i>Diâmetro do Caule (DC)</i>	24
3.6.3. <i>Área Foliar (AF)</i>	24
3.6.4. <i>Fitomassa</i>	24
3.6.5. <i>Relação Raiz / Parte Aérea (R/PA)</i>	25
3.6.6. <i>Teores de macronutrientes na folha</i>	25
3.6.7. <i>Produção da mamona</i>	25
3.6.8. <i>Teores de macronutrientes nas sementes</i>	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Variáveis de crescimento da cultivar BRS 149 nordestina	27
4.2. Variáveis de crescimento relacionadas a cultivar BRS 189 Paraguaçu	37
4.3. Fitomassa seca da cultivar BRS 149 Nordestina	47

4.4. Fitomassa seca da cultivar BRS 189 Paraguaçu	53
4.5. Produção da cultivar BRS 149 Nordestina	58
4.6. Produção da cultivar BRS 189 Paraguaçu	61
4.7. Teores foliares de macronutrientes primários da cultivar BRS 149 Nordestina.....	64
4.8. Teores foliares de macronutrientes da cultivar BRS 189 Paraguaçu ..	75
4.9. Teores de nutrientes na semente de mamona BRS 189 Nordestina	84
4.10. Teores de nutrientes na semente de mamona BRS 189 Paraguaçu ..	87
4.11. Proteína bruta e teor de óleo na semente da cultivar BRS 149 Nordestina	88
4.12. Proteína bruta e teor de óleo na semente da cultivar BRS 189 Paraguaçu	91
5. CONCLUSÕES	93
6. REFERÊNCIAS	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mamona BRS 149 Nordestinas (A) e BRS 189 Paraguaçu (B.).....	19
Figura 2	Croqui da área experimental	20
Figura 3	Evolução do diâmetro caulinar da mamoneira cv BRS Nordestina ao longo do experimento, em função das doses de nitrogênio.....	31
Figura 4	Evolução do número de folhas da mamoneira cv BRS Nordestina ao longo do experimento, em função das doses de nitrogênio.....	34
Figura 5	Evolução da área foliar da mamoneira cv BRS Nordestina ao longo do experimento, em função das doses de nitrogênio.....	36
Figura 6	Evolução do diâmetro caulinar da mamoneira cv BRS 188 Paraguaçu ao longo do experimento, em função das doses de nitrogênio.....	40
Figura 7	Evolução do número de folhas da mamoneira cv BRS 188 Paraguaçu ao longo do experimento, em função das doses de nitrogênio.....	44
Figura 8	Evolução da área foliar da mamoneira cv BRS Paraguaçu ao longo do experimento, em função das doses de nitrogênio.....	46
Figura 9	Massa seca do caule/planta em função das doses de nitrogênio ($N_1=200$ e $N_2=300$ kg ha ⁻¹) aos 203 dias após o plantio. (Médias com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey).....	49
Figura 10	Teor de proteína bruta (%) na semente de mamona em função das doses de nitrogênio.(Médias com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey).....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Características físico-químicas de mamona comercial.....	8
Tabela 2	Percentual da composição química do óleo	9
Tabela 3	Características dos cultivares de mamoneira BRS Nordestina e BRS Paraguaçu.....	10
	Teores foliares adequados de macronutrientes para a cultura da mamona.....	11
Tabela 4		
Tabela 5	Características físicas e químicas do Neossolo Quartzarênico, utilizado nos experimentos.....	18
Tabela 6	Esquema dos tratamentos utilizados no experimento.....	21
Tabela 7	Esquema do análises de variância.....	21
Tabela 8	Características químicas da água utilizada durante a condução do experimento.....	23
Tabela 9	Resumo da análise de variância para a altura da planta, aos 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS 149 Nordestina submetida aos tratamentos com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).....	27
Tabela 10	Altura de plantas (cm) de mamoneira da cultivar BRS 149 Nordestina aos 160 DAS, cultivadas em um Neossolo Quartzarênico submetidos à adubação com NPK.....	28
Tabela 11	Resumos das análises de variância e significância das médias do diâmetro caulinar da planta.....	30
Tabela 12	Resumos das análises de variância e médias do número de folhas por planta.....	33
Tabela 13	Resumos das análises de variância e médias da área foliar da planta.....	35
Tabela 14	Resumos das análises de variância da altura da planta da cultivar BRS Paraguaçu.....	38
Tabela 15	Altura da planta (cm) da cultivar BRS 188 Paraguaçu aos 160 DAS, em condições de casa de vegetação.....	38
Tabela 16	Resumos das análises de variância e médias do diâmetro caulinar da planta da cultivar BRS Paraguaçu.....	39
Tabela 17	Resumos das análises de variância do número de folhas por planta da cultivar Paraguaçu.....	41
Tabela 18	Número de folhas das plantas submetidas aos tratamentos com nitrogênio, aos 40, 60, 80, 100 e 120 dias após a semeadura.....	42
Tabela 19	Número de folhas das plantas submetidas aos tratamentos com nitrogênio e fósforo aos 160 dias após a semeadura.....	42
Tabela 20	Número de folhas das plantas submetidas aos tratamentos com nitrogênio e fósforo aos 160 dias após a semeadura.....	43
Tabela 21	Resumos das análises de variância e médias da área foliar da planta...	45
Tabela 22	Análises de variância referentes à Matéria Seca de Folhas (MSF), do Caule (MSC), dos Cachos (MSCa), da Parte Aérea (MSPA), das Raízes (MSR), Total (MST) e Relação Raiz Parte a Aérea (RRPA), da cultivar de BRS 149 Nordestina.....	47
Tabela 23	Matéria seca das folhas (g. planta ⁻¹) da cultivar BRS 149 Nordestina, em condições de casa de vegetação.....	48
Tabela 24	Matéria seca do cacho (gramas) da cultivar BRS 149 Nordestina, em condições de casa de vegetação.....	49

Tabela 25	Matéria Seca da Parte Aérea (g planta^{-1}) da cultivar BRS 149 Nordeste, em condições de casa de vegetação.....	50
Tabela 26	Matéria Seca das Raízes (g. planta^{-1}) da cultivar BRS 149 Nordeste, em condições de casa de vegetação.....	51
Tabela 27	Matéria Seca Total (g. planta^{-1}) da cultivar BRS 149 Nordeste, em condições de casa de vegetação.....	51
Tabela 28	Relação Matéria Seca Raiz e Matéria Seca Parte Aérea (g g^{-1}) da cultivar BRS 149 Nordeste, em condições de casa de vegetação.....	52
Tabela 29	Quadrados médios das características Matéria Seca de Folhas (MSF), Matéria Seca do Caule (MSC), Matéria Seca de Cachos (MSCa), Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA), Matéria Seca das Raízes (MSR), Matéria Seca Total (MST) e Relação Raiz Parte a Aérea (RRPA) da cultivar de BRS 188 Paraguaçu.....	53
Tabela 30	Valores médios (g planta^{-1}) de Matéria Seca das Folhas (MSF), Matéria Seca do Caule (MSCa), Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) e Matéria Seca Total (MST) em função das doses de nitrogênio.....	55
Tabela 31	Matéria Seca do Caule (g planta^{-1}) da cultivar BRS 188 Paraguaçu, em condições de casa de vegetação.....	55
Tabela 32	Matéria Seca das Raízes (g planta^{-1}) da cultivar BRS 89 Paraguaçu, em condições de casa de vegetação.....	57
Tabela 33	Matéria Seca das Raízes (g planta^{-1}) da cultivar BRS 89 Paraguaçu, em condições de casa de vegetação.....	58
Tabela 34	Valores do quadrado médio, significâncias e médias referentes ao Número de Frutos por Planta (NFP), Peso Sementes por Planta (PSP), Número de Sementes por Planta (NSP), Peso de 100 Sementes (P100S), Peso do Cacho por Planta (PCP) e Comprimento do Cacho primário (CCP) da mamoneira BR 189 Nordeste.....	59
Tabela 35	Valores do quadrado médio e significâncias referentes ao Número de Frutos por Planta (NFP), Peso Sementes por Planta (PSP), Número de Sementes por Planta (NSP), Peso de 100 Sementes (P100S), Peso do Cacho por Planta (PCP) e comprimento do racemo primário (CCP) da mamoneira BR 189 Paraguaçu.....	62
Tabela 36	Valores médios de número de frutos por planta (NFP), peso de sementes por planta (PSP), número de sementes por planta e peso de 100 sementes (P100S) em função das doses de nitrogênio.....	62
Tabela 37	Desdobramento da interação doses de nitrogênio x doses de potássio para o peso de cacho por planta.....	63
Tabela 38	Desdobramento da interação doses de nitrogênio x doses de potássio para o comprimento racemo primário (cm).....	64
Tabela 39	Resumos das análises de variância e significância do teor de nitrogênio da folha da cultivar BRS Nordeste.....	64
Tabela 40	Teores de nitrogênio na folha (g kg^{-1}) em função das doses de potássio.....	65
Tabela 41	Resumos das análises de variância e significância do teor fósforo no limbo foliar da cultivar BRS Nordeste.....	67
Tabela 42	Desdobramento da interação doses de nitrogênio x doses de fósforo x doses de potássio para o teor de fósforo na folha (g kg^{-1}) aos 43, 58,	

	73 e 88 e 103 DAS.....	68
Tabela 43	Resumos das análises de variância e significância médias dos teores de potássio aos 43, 58, 73, 88 e 103 DAP da cultivar BRS Nordestina	68
Tabela 44	Teor de potássio no limbo foliar (g kg^{-1}) aos 43 DAS em função das doses de fósforo e potássio.....	69
Tabela 45	Resumos das análises de variância e significância médias dos teores de cálcio aos 43, 58, 73, 88 e 103 DAS da cultivar BRS Nordestina....	70
Tabela 46	Desdobramento da interação doses de fósforo x doses de potássio para o teor de cálcio (g kg^{-1}) na folha aos 88 DAS.....	71
Tabela 47	Resumos das análises de variância e significância médias dos teores de magnésio aos 43, 58, 73, 88 e 103 DAS da cultivar BRS Nordestina.....	71
Tabela 48	Desdobramento das Interações doses de nitrogênio x doses de potássio e doses de fósforo x doses de potássio sobre o teor de magnésio no limbo foliar (g kg^{-1}) da mamoneira aos 73 e 103 DAS	72
Tabela 49	Resumos das análises de variância e significância médias dos teores de enxofre aos 43, 58, 73, 88 e 103 DAP da cultivar BRS Nordestina	73
Tabela 50	Desdobramento das Interações doses de nitrogênio x doses de potássio e doses de fósforo x doses de potássio e das doses de potássio sobre o teor de magnésio no limbo foliar (g kg^{-1}) da mamoneira aos 43, 88 e 103 DAS.....	74
Tabela 51	Resumos das análises de variância e significância do teor de nitrogênio no limbo foliar da cultivar BRS 189 Paraguaçu.....	75
Tabela 52	Desdobramento das Interações doses de nitrogênio x doses de fósforo x doses de potássio, doses de nitrogênio x doses de potássio e doses de fósforo x doses de potássio para o teor de nitrogênio no limbo foliar (g kg^{-1}) aos 43, 58 e 88 DAS.....	76
Tabela 53	Resumos das análises de variância e significância do teor de fósforo no limbo foliar da cultivar BRS Paraguaçu.....	77
Tabela 54	Desdobramento da interação doses de fósforo x doses de potássio para o teor de fósforo no limbo foliar (g kg^{-1}) da mamoneira aos 43 e 88 DAS	78
Tabela 55	Resumos das análises de variância e significância do teor de potássio no limbo foliar da cultivar BRS Paraguaçu.....	79
Tabela 56	Desdobramento da interação doses de nitrogênio x doses de potássio e para as doses de nitrogênio no teor de potássio no limbo foliar (g kg^{-1}) da mamoneira aos 43 e 103 DAS.....	80
Tabela 57	Resumos das análises de variância e significância do teor de cálcio no limbo foliar da cultivar BRS Paraguaçu.....	81
Tabela 58	Desdobramento das Interações doses de nitrogênio x doses de potássio e as doses de nitrogênio x doses de fósforo x doses de potássio no teor de cálcio no limbo foliar (g kg^{-1}) da mamoneira aos 43 e 73 DAS.....	81
Tabela 59	Resumos das análises de variância e significância do teor de magnésio no limbo foliar da cultivar BRS Paraguaçu.....	82
Tabela 60	Desdobramento da Interação doses de nitrogênio x doses de potássio sobre o teor de cálcio no limbo foliar (g kg^{-1}) da mamoneira aos 73 DAS.....	83
Tabela 61	Resumos das análises de variância e significância do teor de enxofre no limbo foliar da cultivar BRS 189 Paraguaçu.....	84

Tabela 62	Desdobramento da Interação doses de nitrogênio x doses de potássio sobre o teor de enxofre no limbo foliar (g kg^{-1}) da mamoneira aos e 88 DAS.....	85
Tabela 63	Resumos das análises de variância e significância do teor de nutrientes na mamona BRS 149 Nordestina.....	86
Tabela 64	Teor de nutrientes na semente de mamona BRS Nordestina em função das doses de NPK.....	87
Tabela 65	Resumos das análises de variância e significância do teor de nutrientes na mamona BRS 149 Nordestina.....	88
Tabela 66	Resumos das análises de variância e significância da Proteína Bruta e do Teor de óleo da matéria seca da semente da cultivar BRS 149 Nordestina.....	89
Tabela 67	Desdobramento da interação das doses de nitrogênio x doses de fósforo x doses de potássio sobre a % óleo da semente.....	91
Tabela 68	Resumos das análises de variância e significância da proteína Bruta e Teor de óleo em 100% de matéria seca da semente da cultivar BRS 189 Paraguçu.....	92

RESUMO

A adubação é uma prática que normalmente incrementa a produtividade das culturas, no entanto, considerando que as necessidades de NPK para a mamona são ainda desconhecidas um trabalho foi conduzido para avaliar o comportamento desta cultura (cultivares BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina) à adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. Para isto, dois experimentos foram desenvolvidos em ambiente protegido, usando em cada um deles um delineamento experimental inteiramente casualizado, constituído cada um por uma cultivar de mamona e oito tratamentos de fertilização, num fatorial 2x2x2 da combinação N-P-K, sendo duas doses de N ($N_1=200$ e $N_2=300$ kg/ha), duas doses de P ($P_1=150$ e $P_2=250$ kg/ha) e duas doses de K ($K_1=150$ e $K_2=250$ kg/ha), com três repetições, totalizando 24 unidades experimentais. A testemunha correspondeu as menores doses estudadas ($N_1P_1K_1$). O conteúdo de água do solo foi mantido a capacidade de campo e monitorado diariamente através de uma sonda DIVINNER, inserida no solo através de um tubo de acesso instalado em cada vaso. Aos 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 dias após a semeadura foram avaliados a altura da planta, diâmetro caulinar, fitomassa e o número e comprimento de folhas. A produção da cultura foi avaliada medindo o comprimento e o peso do racemo, número de frutos e quantidades de sementes por racemo, peso de 100 sementes e teor de óleo e proteína bruta. A aplicação das maiores doses de nitrogênio, fósforo e potássio de forma combinada não foi suficiente para as plantas desenvolverem todo o seu potencial produtivo. O nitrogênio foi o nutriente mais eficiente no crescimento, desenvolvimento e na produção das duas cultivares de mamonas estudadas. As cultivares, em plena frutificação, apresentaram carência de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e enxofre e elevados teores de magnésio. Independente das dosagens de NPK estudadas, o teor de óleo nas sementes foi menor que o teor admitido como ideal para a mamona, mas, apesar de inferior ao valor mínimo exigido o nitrogênio promoveu aumento nos teores de óleo da planta. As doses de nitrogênio exerceram efeito significativo na produção de proteína bruta.

Palavras Chaves: Mamona - *Ricinus Communis* L., fertilização, produção

ABSTRACT

The fertilization is a practice that normally increases the productivity of the cultures. Considering that the NPK needs of the castor bean are still unknown an study was conducted aiming to evaluate the effects of nitrogen, phosphorus and potassium on the growth and production of castor bean (*Ricinus communis* L.) cultivar BRS 188 Nordeste and BRS 149 Paraguaçu. For this, two experiments were installed in a greenhouse using a 2 x 2 x 2 factorial design completely randomized subjected to two levels of nitrogen ($N_1=200$ and $N_2=300$ kg ha⁻¹), two levels of phosphorus ($P_1=150$ and $P_2=250$ kg ha⁻¹) and two levels of potassium ($K_1=150$ and $K_2=250$ kg ha⁻¹) with three replicates, totalizing 24 experimental units. The testimony corresponded to the treatment with the lowest levels of NPK ($N_1P_1K_1$). Soil water content was maintained at field capacity and monitored daily using a DIVINER probe inserted into the soil throughout an access tube installed in each vase. Plant height, stem diameter, number and length of leaves were measured at 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 and 160 days after planting. Castor bean production was evaluated measuring the length and weight of the raceme, the number of fruits, the amount of seeds by raceme, weight of 100 seeds, and oil and protein content of the seed. The combined application of the highest levels of nitrogen, phosphorus and potassium was not enough for the plants to develop its productive potential. Nitrogen was the nutrient that promoted the highest growth, development and yield of the two cultivars. On fructification, both castor beans cultivars presented low content of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and sulfur and high contents of magnesium. Independently of the NPK levels studied, the oil content of the seeds was under the ideal and admitted level. Although the oil content of the seed was low, the nitrogen application increased the seed oil content. The application of nitrogen increased significantly the protein production.

Key words: Castor bean, fertilization, production

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a intensa demanda de recursos energéticos pelos sistemas de produção, aliada à escassez dos combustíveis fósseis, tem motivado o desenvolvimento de tecnologias que permite utilizar fontes renováveis de energia. Dentre as alternativas para produção de combustíveis que podem ser obtidos de biomassa, os quais são potencialmente capazes de fazer funcionar um motor de ignição por compressão, a mais viável é o Biodiesel. Este também é visto como uma alternativa viável para mitigar as emissões de CO₂, característica das fontes tradicionais de energia fóssil.

A mamoneira (*Ricinus communis L.*) é uma das culturas eleitas pelo Programa Nacional de biodiesel para fornecer matéria prima para a sua produção-um biocombustível apontado como renovável e menos poluente que o seu concorrente fóssil, como diesel. Atualmente o governo brasileiro está incentivando seu plantio, principalmente nas regiões carentes do Brasil, sinalizando que essa deve ser a principal oleaginosa no, ainda restrito, processo de substituição do diesel brasileiro.

Com a demanda originada pelo Programa Nacional Biodiesel, a cultura da mamona vem se destacando entre as oleaginosas, por adaptar-se às adversidades climáticas que não possibilitam o cultivo de outras plantas de interesse econômico, como do feijão e milho. Apesar dessa vantagem, muitas perdas podem ocorrer se, entre os períodos de semeadura e da colheita, ocorrerem deficiências nutricionais, implicando em desuniformidade das plantas e baixa produtividade da cultura. Por esse motivo, há de se ter o monitoramento da exigência nutricional da cultura como meta para obtenção de maiores rendimentos já que no Nordeste existe o zoneamento agrícola para a cultura (AZEVEDO et al.,1997).

Atualmente no Brasil existem várias cultivares de mamoneira disponíveis para o plantio no Brasil. Neste sentido, Beltrão et al. (2004) recomendam para a agricultura do Nordeste as cultivares-BRS 149-Nordestina e BRS-189 Paraguaçu. Estas cultivares se diferenciam por determinadas características como, por exemplo, teor de óleo nas sementes, altura média, tempo de floração, entre outras. Mesmo assim, existe poucos registros na literatura quanto às exigências nutricionais de cada uma delas e, conseqüentemente, diferenciação quanto à sua adubação.

A adubação é uma das principais técnicas para incremento de produtividade e a rentabilidade das culturas. Contudo, há poucas informações sobre as respostas das respectivas cultivares à adubação química com NPK. Além disso, existem poucos relatos

sobre o comportamento da mamoneira sob diferentes condições de fertilidade do solo, clima e disponibilidade de água. Essa cultura é exigente em fertilidade, sendo possível aumentar sua produtividade pelo adequado fornecimento de nutrientes pela fertilização do solo.

As informações sobre nitrogênio, fósforo e potássio no equilíbrio nutricional e na produtividade das cultivares BRS Nordestina e Paraguaçu, bem como o manejo adequado desses fertilizantes com referência a épocas de aplicação, fontes e doses. Ferreira et al. (2006) afirma que a cultura é exigente em nutrientes, mas não à deficiência mineral. Pesquisas têm demonstrado que a cultura remove grande quantidade de nutrientes para a produção de bons rendimentos de grãos. Desta forma, faz-se necessário que sejam equacionados os problemas de fertilidade do solo onde se deseja cultivar a mamona para um estabelecimento mais rápido das plantas e um alcance de maior produtividade.

Neste sentido, a pesquisa teve como objetivo principal avaliar o comportamento agrônomo das cultivares de mamona BRS-188 Paraguaçu e BRS-149 Nordestina, que têm sido recomendadas para cultivo na região Nordeste do Brasil, adubada com nitrogênio, fósforo e potássio. Especificamente se avaliou o crescimento, os teores de macronutrientes na folha, na semente e a qualidade da produção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura da mamoneira

2.1.1 Origem

Os gregos denominavam a planta da mamona de *aporano* e de *croton*, e os latinos de *ricinus*. As palavras *aporano*, *croton* e *ricinus* significam em grego e em latim, respectivamente, carrapato, sendo atribuído à semelhança da forma de suas sementes com a forma de um carrapato, animal pertencente ao grupo dos aracnídeos (RODRIGUES et al. 2002).

A mamona (*Ricinus Communis* L.) é uma oleaginosa de origem tropical, e da família euforbiáceas, provavelmente originada da Etiópia, leste do continente africano, atualmente disseminado mundialmente em especial nos países de clima tropical e subtropical (WEISS, 1983; JOLY, 2002; SEVERINO et al., 2005). Para Távora (1982); Moreira et al. (1996) e Chierice e Claro Neto (2007) no Brasil sua introdução se deu durante a colonização portuguesa, por ocasião da vinda dos escravos africanos, sendo conhecida sob as denominações de mamoneira, rícino, carrapateira, bafureira, baga e palma-criste.

Os portugueses utilizavam o óleo de mamona com a finalidade para iluminação das primeiras cidades e lubrificação dos eixos das carroças, expandindo sua importância durante a era colonial, quando dela se extraía o óleo para lubrificar as engrenagens e os mancais dos inúmeros engenhos de cana-de-açúcar (ZUCHI, 2008).

2.1.2. Fitologia

Para Távora (1982) e Beltrão e Azevedo (2007), a mamoneira é uma planta de elevada complexidade morfofisiológico com a seguinte classificação botânica:

ordem: Fanerogamae ou espermatophita,

filo: Angiospermae

classe: Dicotyledonae

subclasse: Archilamydeae

ordem: Geraniales

família: Euforbiácea gênero *Ricinus*,

espécie: *R. communis* L

subespécie: *R. Ricinus communis*

A planta apresenta sistema radicular pivotante e raízes fistulosas, com poucas raízes laterais, porém de aspectos robusto, assumindo a forma do sistema radicular dos pequenos arbustos (WEISS, 1983; SAVY FILHO, 2005; NASCIMENTO, 2009). Anatomicamente a raiz consiste de periderme, do córtex e do cilindro central, apresentando lenticelas na parte externa, especialmente na raiz principal; internamente, tem-se o floema no limite do cilindro central e o xilema no interior, que são elementos de condução das plantas (BELTRÃO e AZEVEDO, 2007) e sistema radicular da mamoneira tem capacidade de explorar as camadas mais profundas do solo que, normalmente, não são atingidas pelas culturas convencionais, como milho e feijão, promovendo aumento da aeração e da capacidade de retenção e distribuição da água no solo (SAVY FILHO et al., 1999); apesar de suas raízes atingirem até 1,5 m de profundidade, a planta absorve cerca de 60% da água que consome dos primeiros 0,6 m do solo (TÁVORA, 1982). Portanto, os solos profundos, bem drenados e com densidade solo em torno $1,3 \text{ g/cm}^3$, permitem a obtenção de melhores resultados.

O caule apresenta variação de cor, podendo ser verde, arroxado e vermelho, presença de cera, rugosidade e nós bem definidos, com cicatrizes foliares proeminentes, sendo o caule brilhante, tenro e suculento, quando a planta é nova, tornando-se lenhoso a medida que envelhece (TÁVORA, 1982; BELTRÃO e AZEVEDO, 2007). A haste principal cresce na posição vertical sem ramificações até a emissão da primeira inflorescência, denominado cacho principal; os ramos laterais se desenvolvem da axila da última folha, logo abaixo da inflorescência.

As folhas são grandes com largura do limbo que varia de 10 a 40 cm, podendo chegar a 60 cm no comprimento maior, as quais apresentam fitotaxia alternada do tipo de 2/5 (duas folhas em cada cinco voltas de 360^0 no eixo do caule); em geral, são de cinco a onze lóbulos em cada folha, a qual pode variar de verde até roxo (BELTRÃO e AZEVEDO, 2007).

A mamoneira é monóica, sendo a inflorescência do tipo panicular, denominada de racemo, com flores femininas acima e masculinas na parte inferior (que possuem estames ramificados de cor amarela (BELTRÃO e AZEVEDO, 2007). Para Savy Filho (2005) geralmente a relação de flores femininas/masculinas é de 50% a 70% e 50% a 30%, podendo essa relação ser afetada também por fatores não genéticos, ou seja, pelo ambiente onde vegeta a planta.

O início do florescimento ocorre em diferentes épocas do ano, dependendo do genótipo e das condições ambientais comuns a cada região brasileira pode florescer durante todo ano, quando as condições edafoclimáticas forem favoráveis (TÁVORA, 1982).

O fruto da mamona, que é o ovário fecundado e desenvolvido é uma cápsula que pode ser lisa ou com estruturas semelhantes a espinhos, podendo ser deiscente ou indeiscente (BELTRÃO e AZEVEDO, 2007). A coloração dos frutos imaturos pode ser verde, verde-escura, rosada, avermelhada, vermelha e amarela. Já para Prata (1969), o cacho, que é a infrutescência, tem conformações cônicas, cilíndricas ou mais ou menos esféricas, comprimento variando de 10 até 80 cm, dependendo essencialmente da cultivar utilizada.

As sementes da mamona são de tamanho variável, forma oval ou oblonga, coloração variada entre branca, cinza, preta, marrom, castanho, vermelha, rajada ou com mosqueado característico (MOREIRA et al., 1996). Segundo Távora (1982) e Beltrão et al. (2007), o peso de 100 sementes varia muito, de 10 a 100g, ou seja, 0,1 a 1,0 g por semente, com média de 45 a 75 g nas cultivares de porte médio, como é o caso da BRS 149 – Nordestina, com 68 g/100 sementes, e da BRS Paraguaçu com 71 g/100 sementes.

2.1.3. Características edafoclimáticas

A mamona possui boa capacidade de adaptação edafoclimática, sendo encontrada vegetando desde o Rio Grande do Sul até a Amazônia. Por se tratar de uma planta tolerante a seca e exigente em calor e luminosidade, está disseminada em quase todo Nordeste (NASCIMENTO, 2009), sendo considerada de fácil cultivo. É largamente adaptada às mais variadas condições edafoclimáticas, sendo encontrada vegetando livremente em áreas rurais, margens de estradas, fazendas abandonadas, depósitos de lixo, terreno baldios, nas várzeas de rios, em áreas não inundáveis e em solos argilosos ou arenosos (SILVA, 2007).

Os principais fatores ambientais a serem considerados na escolha da área para o plantio da mamoneira são a altitude, o relevo, o solo e o clima. A área deve ter altitude superior a 300 m acima do nível do mar, com topografia plana a suavemente ondulada com o máximo de 12 % de declividade. A temperatura deve situar-se entre 20 e a 30^oC, sendo seu ótimo de 28^oC; a precipitação pluvial anual deve variar entre 600 a 700 mm (SEARA, 1989, BELTRÃO e SILVA, 1999; GONÇALVES et al., 2007) e a umidade

relativa abaixo de 80% (ideal em torno de 65%) (BELTRÃO et al., 2006). Trabalhos realizados por Amorim Neto et al. (2001), pluviosidade entre 600 e 700 mm proporcionaram rendimentos superiores a 1500 kg/ha.

Severino et al. (2006b), objetivando observar a produtividade e teor de óleo de mamona plantada em altitude inferior a 300 m, cultivaram dez genótipos, incluindo cultivares e linhagens avançadas, em Carnaubais, RN (60 m), Maranguape, CE (140 m) e Quixeramobim, CE (280 m). As produtividades (993; 1.682 e 1.531 kg ha⁻¹ em Carnaubais, Maranguape e Quixeramobim, respectivamente) e teor de óleo, em todos os plantios, foram considerados satisfatórios, sendo que o teor de óleo na semente não diferiu entre os locais estudados.

Diniz Neto et al. (2009), avaliando o desenvolvimento das cultivares BRS Nordestina e Mirante 10 em duas localidades, Pentecoste (altitude média de 60 m) e Limoeiro do Norte (altitude média de 158 m), observaram que a menor disponibilidade de água para as plantas no cultivo de sequeiro, mais evidente em Limoeiro do Norte, afetou as estruturas vegetativas e reprodutivas da mamoneira, sendo este um fator mais importante que as altitudes inferiores a 300 m. A água é o fator mais importante no processo de germinação. Com a absorção de água, por embebição, ocorre a reidratação dos tecidos e, conseqüentemente, a intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que resultam no fornecimento de energia e nutrientes essenciais para a retomada do crescimento por parte do eixo embrionário (OLIVEIRA et al., 2004).

De acordo com Silva et al. (2006), utilizando-se um modelo de simulação de balanço hídrico associado com técnicas de geoprocessamento, foi possível identificar as melhores datas de semeadura para a mamona de sequeiro no Estado da Paraíba. Observaram 223 municípios no Estado; 95 foram considerados aptos ao cultivo da mamoneira e 128 municípios foram classificados como inaptos. Em função da variabilidade temporal do início e da duração da estação chuvosa no semi-árido brasileiro, os produtores de mamona, mesmo com a indicação do período mais adequado de plantio, devem acompanhar as informações dos serviços de previsão das chuvas, o que permitirá maior segurança à atividade.

Em estudos realizados por Costa et al. (2009 a), com a cultura da mamona, variedades Energia, Paraguaçu, Nordestina e Mirante, nas condições edafoclimáticas de

Catolé do Rocha, região semi-árida da Paraíba, a cultivar BRS Energia foi a que melhor se adaptou a tais condições apresentando maior rendimento de frutos e a BRS Nordestina foi a que produziu maior rendimento de fitomassa.

Estudos realizados por Beltrão et al. (2003) sobre a fisiologia da mamoneira BRS Nordestina, constataram efeitos negativos do estresse hídrico (por excesso ou deficiência de água) na fase inicial de crescimento das plantas, contudo o excesso de água teve uma redução maior na realização da fotossíntese pelas mesmas. Porém, de acordo com Souza et al. (2007), a suplementação hídrica na fase inicial de crescimento da mamoneira, antes do início das chuvas, é mais vantajosa do que após o período chuvoso.

Segundo Barros Junior et al. (2008), plantas de mamona, conduzidas em ambiente protegido, com nível de 100% de água disponível (AD) no solo superaram 3,4 vezes as plantas que foram mantidas com 60% de AD1 mostrando que a cultura é altamente exigente em água. No entanto, os resultados do trabalho realizado em condições de campo por Souza et al. (2007), mostraram que em condições de elevada disponibilidade hídrica a mamoneira apresenta maior crescimento vegetativo e retarda o florescimento.

Silva et al. (2009), estudando diferentes lâminas de irrigação (294,22; 382,50; 479,75 e 679,75 mm) em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, cultivadas em condições de campo no município de Barbalha-CE, observaram, com a lâmina de 479,75 mm, as máximas respostas para a altura de planta, área foliar, comprimento do primeiro cacho e produtividade.

Os solos mais adequados para cultivo da mamoneira devem ser profundos, bem drenados com boas condições para desenvolver seu potencial produtivo, mas a mamoneira prefere solos de textura média, bem suprido em nutrientes essenciais com o pH variando entre 5,5 e 6,5. Portanto, além de cultivares com alto potencial produtivo, clima e solo são fatores importantes para a expressão do potencial de produtividade da mamoneira. Considerando que a margem de receita é geralmente pequena, torna-se necessário a implantação da cultura da mamona em solos que necessitam de menores investimentos em corretivos e fertilizantes (GONÇALVES et al., 2007).

Trabalho realizado por Pacheco et al. (2006 a) com mamoneira cultivar IAC 226 em condições de sequeiro nas chapadas da bacia do rio Jequitinhonha, testando doses crescentes de nitrogênio (0, 36, 72, 108 e 144 kg/ha) e fósforo (0, 20, 40, 60 e 80 kg/ha)

combinados pela matriz experimental do quadrado duplo sob 30 e 60 kg/ha de potássio, mostrou que a caracterização química do solo para a produção de máxima eficiência econômica – 2836,8 kg/ha de bagas, correspondeu a: 5,66 pH(água); 5,45 dag/dm³ MO; 43,39 P e 94 K, mg/dm³; 4,73 Ca e 1,36 Mg, cmolc/dm³; e 0,45 B; 0,46 Cu; 9,65 Mn e 1,75 Zn, mg/dm³.

2.1.4 Produtos da mamona

a) Óleo

Os produtos da mamona, comumente produzidos no Brasil pelas indústrias processadoras são: óleo de mamona n.1, óleo de mamona degomado, óleo de mamona desidratado GH, ácido graxo destilado de óleo de mamona desidratado, ácido graxo bruto de óleo de mamona, óleo de mamona hidrogenado, ácido 12-hidróxido esteárico, metil-éster de óleo de mamona e óleo de mamona sulfuricinado. A forma de óleo comercializado no mercado internacional é o óleo de mamona hidrogenado com redução de tarifa fiscal por ser classificado como cera (SAVY FILHO, 2005).

De acordo com Chierice e Claro Neto (2007), o potencial industrial do óleo de mamona é caracterizado por dois fatores primordiais: i) predominância de uma única molécula em sua composição-o óleo de mamona é composto de 89,5% do triglicerídeo do ácido ricinoléico e ii) versatilidade; o ácido ricinoléico possui três grupos funcionais altamente reativos, permitindo a síntese de um grande número de derivados.

As características físico-químicas do óleo de mamona comercial são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas do óleo de mamona comercial.

Características	Óleo medicinal	Óleo n ^o 1	Óleo n ^o 2
Cor gardner	1-	2+	3+
Índice de acidez (mgKOH/g)	1 a 2	2 a 3	5 a 8
Densidade específica (25 ^o C, g/cm ³)	0,959	0,959	0,959
Viscosidade (Stokes 25 ^o C)	7,5	7,5	7,5
Índice de iodo (WIJS)	86	86	86
Índice de saponificação (mgKOH/g)	180	180	180
Índice de hidroxila (mgKOH/g)	164	160	158

Fonte: Chierice e Claro Neto (2007)

O óleo de mamona possui características atípicas, em comparação com a maioria dos óleos vegetais, pois, além da presença do triglicerídeo ácido ricinoléico, que é um

ácido graxo hidroxilado pouco freqüente nos óleos vegetais, contém os seguintes elementos em percentual, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Percentual da composição química do óleo

Elementos	Porcentagem (%)
Ácido ricinoléico	89,5
Ácido linoléico	4,2
Ácido oléico	3,0
Ácido esteárico	1,0
Ácido palmítico	1,0
Ácido dihidroxiesteárico	0,7
Ácido licosanóico	0,3
Ácido linolênico	0,3

Fonte: Chierice e Claro Neto (2007)

2.2. Cultivares de Mamona BRS Paraguaçu e BRS Nordestina.

A Embrapa Algodão vem pesquisando a cultura da mamoneira desde 1987, visando a adaptação de cultivares à região semi-árida do Nordeste. Com participação de parceiros como a Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrário, foram introduzidos e avaliados vários germoplasmas exóticos e nacionais que passaram a compor o Banco de Germoplasma e a coleção de base da Embrapa. Dentre estes materiais introduzidos ou coletados foram avaliadas várias linhagens, cultivares e híbridos quanto à produtividade, a resistência à doenças e outras características agrônômicas. Como resultado deste programa foram produzidas duas cultivares para a região Nordeste, a BRS 149 – Nordestina e a BRS 188 – Paraguaçu, cujas características são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Características dos cultivares de mamoneira BRS Nordestina e BRS Paraguçu sob condições de irrigação.

Características	Nordestina	Paraguçu
Ano de lançamento	1998	1999
Ciclo médio (dias)	240	240
Porte	médio	médio
Produtividade média (kg/ha)	3000	4000
Florescimento 1º cacho (dias)	50	54
Maturação (dias)	100-200-250	100-200-250
Tipo de frutos	semideiscentes	semideiscentes
Cor sementes	preta	preta
Peso 100 sementes(g)	68	71
Colheita	parcelada	parcelada
Altura de planta (cm)	190	160
Cor do caule	verde c/ cera	acajú c/ cera
Teor de óleo	48,9%	47,72%
Outras características	Tolera a seca	Tolera a seca
Gastos de sementes(kg/ha)	4	4

Fonte: Beltrão et. al (2006); Gonçalves et al. (2007).

2.3. Exigências nutricionais da mamoneira

A adubação correta é uma das principais tecnologias usadas para aumento da produtividade e da rentabilidade de uma cultura, todavia representa um custo significativo e pode aumentar o risco do investimento feito na lavoura. Para Severino et al. (2006a), a mamoneira é exigente em fertilidade do solo para que atinja boa produtividade, mas o conhecimento científico sobre o uso de fertilizantes nesta cultura ainda é incipiente e carece de aperfeiçoamento e adaptação para as diferentes regiões onde a cultura é explorada.

No Brasil existem alguns trabalhos sobre nutrição mineral da mamoneira. No caso dos macronutrientes, pesquisas já foram desenvolvidas no intuito de caracterizar deficiências e teores adequados na planta (CANECCHIO FILHO e FREIRE, 1958; ROJAS e NEPTUNE, 1971; NAKAGAWA et al., 1974; CHIARADIA 2005; MORO 2008; NASCIMENTO, 2009; COSTA et al., 2009 b; GARRIDO et al., 2009; LAVRAS JUNIOR et al., 2009). Quanto aos micronutrientes, alguns trabalhos também já foram conduzidos (ROJAS e NEPTUNE, 1971; HOCKING, 1982; NAKAGAWA et al., 1986; PAULO et al., 1989; SOUZA e NATALE, 1997; CHIARADIA, 2005; NASCIMENTO 2009).

A mamoneira é uma planta exigente em nutrientes, tendo nas sementes elevada concentração de óleo e proteínas, o que representa uma demanda por elementos

A mamoneira é uma planta exigente em nutrientes, tendo nas sementes elevada concentração de óleo e proteínas, o que representa uma demanda por elementos essenciais, especialmente nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio e magnésio. Para uma produtividade de 2000 kg/ha de sementes, a mamoneira retira do solo as seguintes quantidades de nutrientes: 80 kg de nitrogênio (N), 18 kg de pentóxido de fósforo (P_2O_5), 32 kg de óxido de potássio (K_2O), 12 kg de óxido de Cálcio (CaO) e 10 kg de óxido de magnésio (MgO). Por isso, seu cultivo deve ser feito em solos com boa fertilidade natural ou com suprimento de fertilizantes orgânicos ou minerais para produzir bem. O ideal é que se proceda à análise do solo antes do plantio, para que a adubação e a calagem sejam a melhor possível (BELTRÃO e GONDIM, 2006).

Os teores foliares de macronutrientes admitidos como adequados para a cultura da mamoneira encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Teores foliares adequados de macronutrientes para a cultura da mamona.

Cultura	N	P	K	Ca	Mg	S
g.kg ⁻¹					
Mamona	40- 50	3-4	30-40	15-25	2,5-3,5	3-4

Fonte: Malavolta et al. (1997) e Malavolta (2006)

Pacheco et. al (2006 b) trabalhando com a cultivar de mamona cultivar IAC 226 sob condições de sequeiro, testando as doses de 0, 36, 72, 108 e 144 kg/ha de P_2O_5 e de 0, 20, 40, 60 e 80 kg/ha de N, combinadas pela matriz experimental do quadrado dentro de 30 e 60 kg/ha de K_2O , observaram que a máxima produtividade econômica – 2.836,8 kg/ha de bagas estava associada aos seguintes teores foliares 5,46 N; 0,29 P; 2,56 K; 1,80 Ca; 0,24 Mg e 0,25 S, em dag/kg; e 29 B, 8 Cu, 199 Fe, 47 Mn e 27 Zn, em mg/kg.

O nitrogênio é um dos elementos minerais requeridos em maior quantidade pelas plantas e o que mais limita o crescimento. Ele faz parte de proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos e clorofila, incluindo membranas e diversas hormônios vegetais (SOUZA e FERNANDES, 2006; CANTARELLA, 2007). Em excesso, o nitrogênio pode promover crescimento vegetativo exagerado e, assim, reduzir a produtividade, além de reduzir a resistência a pragas e doenças.

A absorção é definida como a entrada do elemento em uma parte qualquer da célula. As formas de nitrogênio absorvidas pelas raízes são N_2 (nitrogênio elementar) para as plantas que fazem fixação biológica (FBN), NH_4^+ (amônio) da solução do solo ou do adubo, NO_3^- (nitrato) do fertilizante ou da nitrificação, também da solução do solo,

sendo esta forma predominantemente absorvida. Já para as formas absorvidas pelas folhas, são as formas gasosas e o dióxido de nitrogênio (NO_2), ureia e aminoácidos (SOUZA e FERNANDES, 2006).

A cultura da mamona tem forte demanda por nitrogênio para seu crescimento, desenvolvimento e produção de área foliar, pois Nascimento (2009) aos 73 DAS apresenta a seguinte sequência de absorção de nitrogênio nos órgãos da mamoneira híbrido Lyra e Savana: Folhas > estruturas reprodutivas > Caule com teores respectivamente de 32,2-35,4 > 26,4-26,8 > 12,6-13 g kg^{-1} . Quando submetidas à deficiência ocorre forte redução no crescimento.

Os primeiros sintomas das plantas são um amarelecimento nas folhas inferiores que podem ou não se iniciar pelas nervuras, mas invariavelmente alcança com rapidez 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, quando ocorre, é fraca com poucos cachos e frutos com peso abaixo do esperado (SANTOS et al., 2004). No entanto, Chiaradia (2005) observou que a concentração de N na folha variou com a quantidade e fonte utilizada.

Trabalho realizado por Lavres Junior et al. (2005), objetivando avaliar o efeito da deficiência dos macronutrientes no crescimento e estado nutricional da mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivar Iris, e a obtenção do quadro sintomatológico das deficiências de N, P, K, Ca, Mg e S; constataram que o N e o K são os primeiros elementos a apresentar sintomas visuais de deficiência, seguidos por Ca, Mg, S e P. Também observaram que o limbo da folha superior é a parte da planta que melhor reflete o estado nutricional da mamoneira para N e Ca, e o pecíolo da folha inferior, para Mg; e concluíram que a deficiência de N foi a que mais afetou a produção total de matéria seca das plantas.

Severino et al. (2004), avaliando a cultivar BRS Nordestina em relação à adubação química, na qual um dos nutrientes é fornecido em quantidades variáveis, enquanto os outros são mantidos em um nível referencial de 50-60-40 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente, observaram que as alturas máximas das plantas foram de 262; 2,61 e 2,62 m para as doses de 100; 60 e 60 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O .

Diante dos dados obtidos, o nitrogênio não influenciou significativamente as características ligadas ao crescimento da planta. O fósforo e o potássio aumentaram e os valores de altura da planta, do primeiro cacho e diâmetro do caule. Neste mesmo

trabalho, os autores mostram que a adubação de referência, acima citada, promoveu um aumento de 114% na produtividade em relação às plantas não adubadas e que, com o uso de 58,6 kg/ha do N, a produtividade alcançada foi cerca de 124% maior que a da testemunha absoluta (plantas sem adubação).

Silva et al. (2007), trabalhando com híbrido Sara em um Neossolo Quartzarênico, no Município de Campo Grande, MS, utilizando quatro doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹) encontraram com o nível 120 kg/ha o maior peso de matéria seca e altura de planta correspondentes a 6.995 kg ha⁻¹ e 96 cm, respectivamente, porém o maior valor de diâmetro caulinar foi 15 mm para a dosagem 60 kg ha⁻¹.

Silva et al. (2007) constaram ainda que a utilização de 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura aumentou a produtividade sem alterar o teor de óleo das sementes. Severino et al. (2006 a) também não verificaram aumento no teor de óleo em consequência da adubação nitrogenada. A média do teor de óleo obtido por Silva et al. (2007) (49,3%) foi semelhante à do experimento de Severino et al. (2006 a). Ao estudar a cultivar BRS Nordestina (49% de óleo), Melhorança e Staut (2006) afirmaram que, em cultivares comerciais, o teor médio de óleo é de 48%.

Mateus et al. (2009), trabalhando com híbridos da mamona (Íris; Savana; Guarani) no sistema de plantio direto, e quatro doses de nitrogênio em cobertura (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de N), utilizando-se como fonte a ureia, verificaram diferença significativa de produção entre as cultivares. Contudo, a adubação nitrogenada não influenciou os componentes de produção, bem como a produtividade de grãos.

O fósforo é considerado um nutriente de baixo aproveitamento pelas culturas na ordem de 10% do P aplicado como fertilizante em culturas anuais, por exemplo, na mamoneira. De acordo com Araújo e Machado (2006), o fósforo no solo pode ser dividido em quatro formas disponíveis para as plantas: P na forma iônica e em compostos na solução do solo, P adsorvidos na superfície dos constituintes do solo, minerais cristalinos e amorfos de P e P componente da matéria orgânica. As plantas absorvem P na faixa de pH 4,5 e 6,0 na solução, em que a forma H₂PO₄⁻ é predominante, indicando que P é preferencialmente absorvida como H₂PO₄⁻.

A mamona é uma planta que cresce lentamente sob deficiência de fósforo. A deficiência de fósforo 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 (FERREIRA et al., 2004).

Pesquisa realizada por Curtarelli et al. (2007) com dois híbridos de mamona (Lyra e Savana) com cinco doses de fósforo, 0; 25; 50; 100 e 200 ppm, desmostrou a influência dessas doses no crescimento da planta, com exceção do diâmetro do caule, indicando que os híbridos são bastante exigentes quanto à adubação fosfatada.

Trabalhos realizados por Nobre et al. (2007) com a mamoneira na estação experimental Meteorológica do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, utilizando cinco níveis de fósforo em fundação (0, 35, 75, 105 e 140 kg ha⁻¹) com quantidades de nitrogênio e potássio, calculadas de acordo com a fase da cultura, a partir da recomendação da análise de solo para o ciclo de um ano (65-30 kg ha⁻¹ para nitrogênio e potássio, respectivamente), mostraram que o número de frutos por racemo da 2^o ordem (NFR 2^a) cresce linearmente com o aumento das doses de fósforo, atingindo 60 frutos no nível 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com uma máxima produção de 1329,6 kg ha⁻¹.

Pacheco et al. (2008) verificaram efeito significativo de doses de P₂O₅ na produtividade da mamoneira cultivar IAC 226. De acordo com estes autores, a máxima produção de bagas (2.956 kg ha⁻¹) foi estimada ao se combinar doses de 61 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O sem adubação nitrogenada. Esse patamar de produtividade foi muito acima daqueles constatados para mamoneiras cultivadas na região Nordeste do Brasil.

Almeida Júnior et al. (2009), avaliando o crescimento da mamona BRS-149 Nordestina até aos 65 dias após semeadura, em doses crescentes de fósforo 0, 3, 6, 9, 12 e 15 g/planta, averiguaram resposta da cultura à adubação em todas as características avaliadas, tendo apresentado consideráveis aumentos nos parâmetros de crescimento. Os melhores resultados foram encontrados com a dose de 8 g/planta de P. Segundo os autores, os resultados obtidos confirmam que o fornecimento de doses adequadas de fósforo desde o início do desenvolvimento, estimula o desenvolvimento do sistema radicular, importante para a formação dos primórdios das partes reprodutivas, sendo, estas, essenciais para a boa formação de frutos, incrementando, assim, aumento na produção das culturas.

Para Alves et al. (2009), estudando a cultura da mamona cv Guarani à adubação com Fósforo, Potássio, Boro e Zinco, em condições de casa de vegetação, os resultados obtidos no estudo evidenciaram a resposta da mamona ao fósforo. Adubação com 100

kg de P_2O_5 /ha foi o mais adequado, porém, a associação 100 kg de P_2O_5 /ha de 30 kg de K_2O /ha foi mais eficiente. Não houve resposta do potássio aplicado isoladamente.

Ribeiro et al. (2009), avaliando a influência de doses crescentes de P_2O_5 (30; 60; 90; 120 e 150 kg ha^{-1}) na cultivar BRS Paraguaçu, mostraram que estas só tiveram efeito significativo sobre a altura das plantas aos 60 DAP corroborando com Almeida Junior et al. (2009), que também encontraram efeito significativo da adubação fosfatada aos 65 DAP da mamoneira BRS-149 Nordestina. No entanto, estes tratamentos com P_2O_5 , 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. (2006 b) e discordando de Almeida Junior et al. (2009) que encontraram resposta significativa do diâmetro caulinar às doses de P_2O_5 .

O potássio é um cátion abundante na planta, sendo absorvido em grandes quantidades pelas raízes. Este elemento não faz parte de nenhuma estrutura ou moléculas orgânicas na planta, como N e P, que são constituintes de proteínas, ácidos nucleicos, fosfolípidios, ATP, entre outras. No entanto, tem importante função no estado energético da planta, na translocação e armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos vegetais (MEURER, 2006).

A produção de matéria seca de folha, caule e frutos são fortemente afetados pela deficiência de potássio. A deficiência visual de potássio aparece com clorose internerval e enrugamento da lâmina, seguida de clorose nos bordos superiores da folha, que avançam no sentido horário e alcançam toda a lâmina, tornando-a amarelada; as folhas secam nas bordas, murcham e se enrolam sobre sua face superior, caem sobre o caule e se destacam da planta (FERREIRA et al., 2004).

Souza Junior et al. (2007), trabalhando em condições de campo com seis variedades de mamona (Paraguaçu, Nordestina, Guarany, Sipao 28, IAC 80 e A. Irecê), observaram que os maiores teores de potássio foram encontrados na casca da mamona com valores em $g\ kg^{-1}$ de 36,2; 55,1; 49,7; 42,8; 42,2 e 42,9, respectivamente. Posteriormente Nascimento (2009), por sua vez, trabalhando com os híbridos de mamona (Lyra e Savana) também conclui que os maiores teores de potássio estavam nas estruturas reprodutivas com teores de 21,2 e 15,3 $g\ kg^{-1}$.

Pacheco et al. (2008), avaliando a resposta da mamoneira cultivar IAC 226, à adubação com N, P e K, no município de Leme do Prado, MG, constataram que as plantas cultivadas com 30 kg ha⁻¹ de K₂O foram significativamente mais produtivas em comparação àquelas com 60 kg ha⁻¹ de K₂O. No entanto, os autores justificam este comportamento com base no estresse osmótico (maior concentração salina com a maior dose do adubo), na pouca precipitação pluviométrica em determinados estádios da cultura e na alta disponibilidade de K no solo no início do experimento. Segundo Vale et al. (2005), o estresse osmótico reduz significativamente o crescimento inicial de mamoneira, reduzindo o potencial produtivo da planta.

Ribeiro et al. (2009), avaliando a influência de doses crescentes de K₂O (30; 60; 90; 120 e 150 kg ha⁻¹) na cultivar BRS Paraguaçu, não observaram efeito significativo das mesmas sobre a altura de plantas e diâmetro caulinar, corroborando com Severino et al. (2006 a) que avaliaram o efeito de doses crescentes de K₂O (0; 20; 40 e 80 kg ha⁻¹) nestas mesmas características da cultivar BRS 149 Nordestina, aos 170 DAP, no município de Quixeramobim, CE.

A mamoneira é uma planta esgotante do solo e a exportação de nutrientes para uma produção de 2.000 kg ha⁻¹ obedece a seguinte ordem de extração de nutrientes do solo: nitrogênio > potássio > fósforo > cálcio > magnésio (CANECCHIO FILHO e FREIRE, 1958), porém, segundo Nakagawa e Neptune (1971) para uma mesma produção a ordem de extração de nutrientes do solo é N > K > P. De acordo com Souza Júnior et al. (2007) a exportação de macronutrientes na cultivar Paraguaçu e Nordestina em condições de campo em função da época de coleta de frutos, ou seja, primeiro e segundo corte, foi N > K > Mg > Ca > P.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Localização do experimento

Dois experimentos separados foram desenvolvidos simultaneamente, sendo um deles no período de 13 de abril a 27 de outubro de 2008 com a cultivar BRS 188 Paraguaçu e outro no período 13 de abril a 03 de novembro de 2008 com a cultivar BRS 149 Nordestina, sob condições de estufa agrícola com uma área total de 300 m² pé direito de 3m, altura do vão central de 4m, coberto com plástico transparente de 0,5 mm de espessura. A estufa agrícola, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola 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. Em virtude disso, utilizou-se a camada superficial de 0 a 20 cm de um solo proveniente do município de Campina Grande –PB, aparentemente de boa drenagem, secas ao ar e passadas em peneiras com malha de 6mm de abertura. Uma amostra composta deste solo foi coletada e passada em peneira com malha de 2 mm de abertura e caracterizada química e fisicamente, seguindo-se a metodologia proposta pela Embrapa (1997) (Tabela 5).

Tabela 5. Características físicas e químicas do Neossolo Quartzarênico, utilizado nos experimentos.

Características Físicas		Valor
Granulometria (g kg ⁻¹)	Areia	782
	Silte	60
	Argila	158
Classificação textural		Franco Arenoso
Densidade global		1,56
Densidade das partículas		2,73
Porosidade total (%)		43
Capacidade de campo (g kg ⁻¹)		188
Ponto de murcha Permanente (g kg ⁻¹)		120
Água disponível (g kg ⁻¹)		68
Características Químicas (Fertilidade/Salinidade)		
Cálcio (cmol _c dm ⁻³)		1,85 B
Magnésio (cmol _c dm ⁻³)		1,09 A
Sódio (cmol _c dm ⁻³)		0,03
Potássio (cmol _c dm ⁻³)		0,09 B
Soma de bases (S) (cmol _c dm ⁻³)		3,06 M
Hidrogênio (cmol _c dm ⁻³)		0,26
Alumínio (cmol _c dm ⁻³)		0,0
Capacidade de troca de cátions (CTC) (cmol _c dm ⁻³)		3,32 B
Saturação por Bases (V %)		92
Carbonato de cálcio qualitativo		Ausente
Carbono orgânico (%)		0,74
Matéria orgânica (%)		1,27
Nitrogênio (%)		0,07
Fósforo assimilável (mg dm ⁻³)		6,9 B
pH H ₂ O (1:2,5)		6,47
Condutividade elétrica – mmhos cm ⁻¹ (suspensão solo-água)		0,10
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

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS/DEAg/CTRN/UFCG), Campina Grande-PB 2008.

3.3. Cultivares

As cultivares estudadas na pesquisa foram a BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina, correspondem às selecionadas e recomendadas para serem cultivadas na região Nordeste, por isso foram as utilizadas neste projeto, conforme Figura 1.

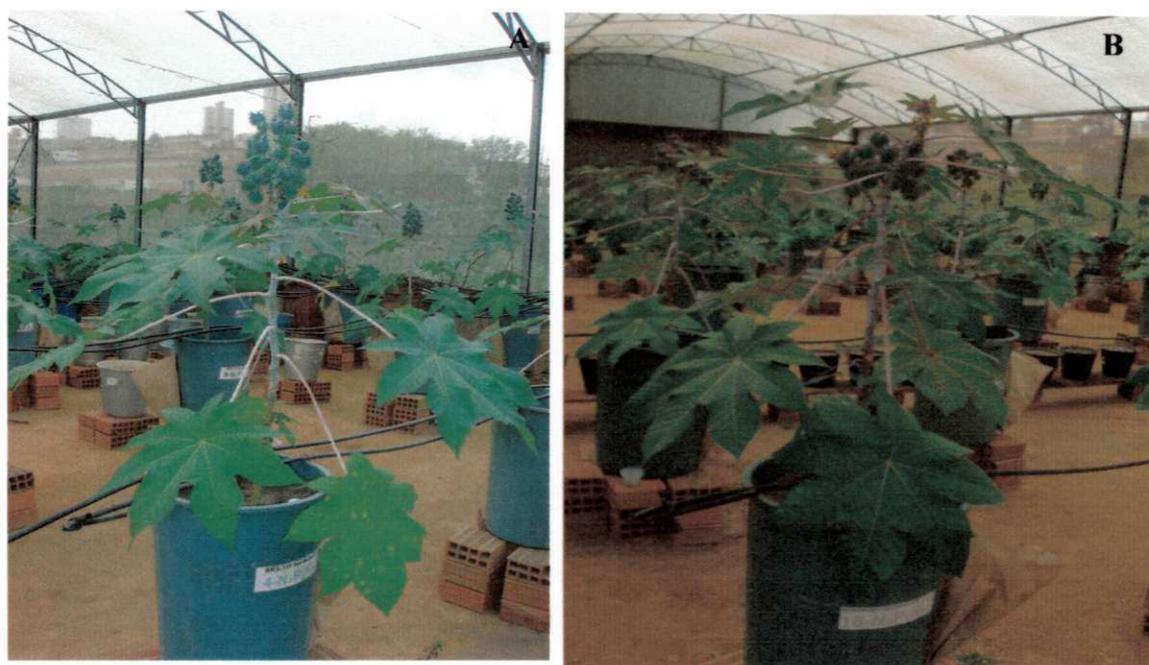


Figura 1. Plantas de mamona BRS 149 Nordestinas (A) e BRS 189 Paraguaçu (B.) cultivadas em um Neossolo Quartzarênico.

3.4. Tratamentos e delineamento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, constituído por uma cultivar de mamona e oito tratamentos com três repetições, totalizando 24 unidades para cada experimento, sendo cada uma delas formada por um vaso plástico com 80 kg de solo da camada de 0 – 20 cm. Tais experimentos com as cultivares BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina tiveram duração de 197 e 203 dias, respectivamente. O espaçamento entre os vasos foi de 3,0 x 2,0 m, como pode ser observado no croqui da área analisada (Figura 2).

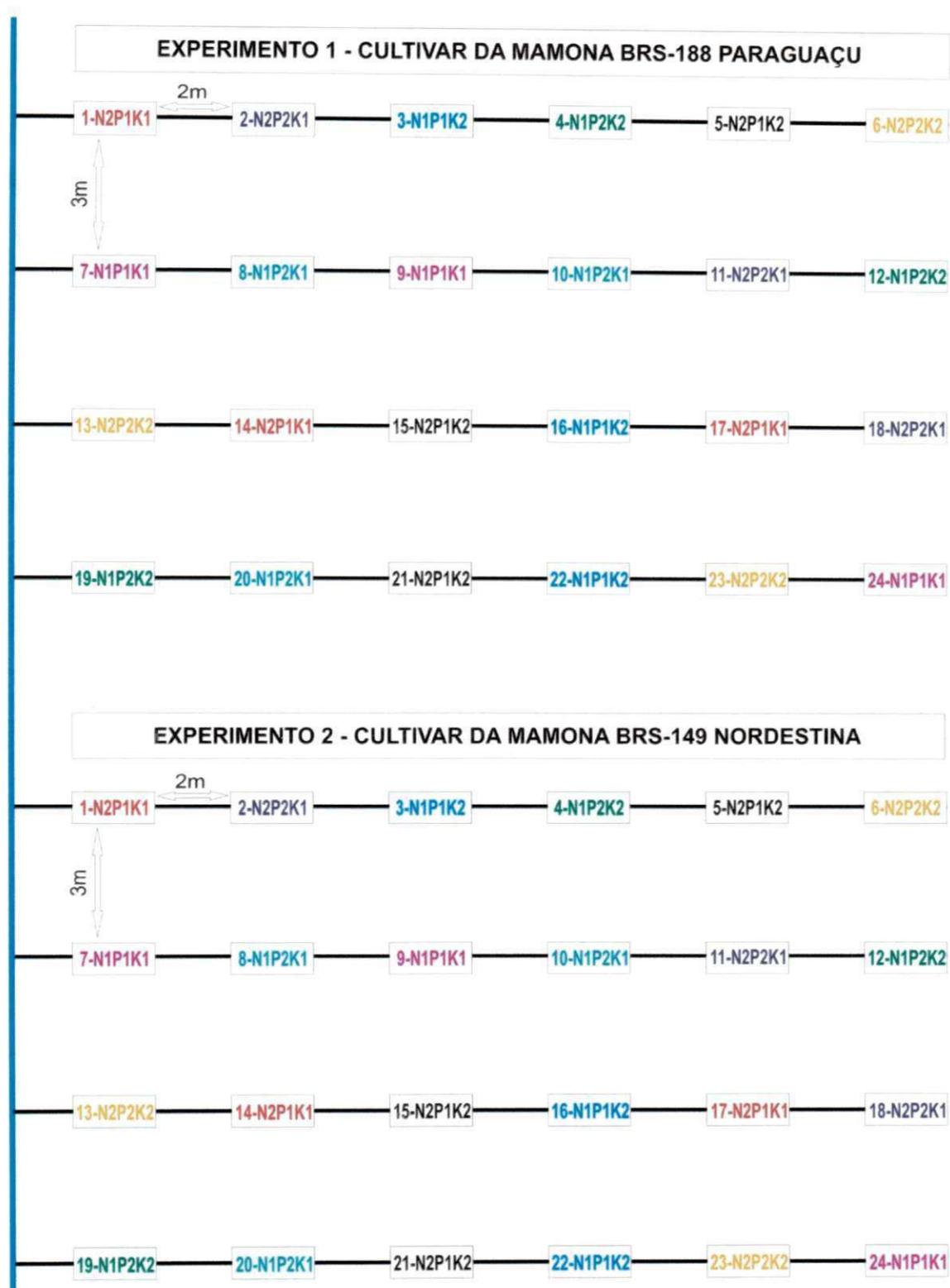


Figura 2. Croqui da área experimental.

Os tratamentos consistiram da combinação de duas doses de nitrogênio (200 e 300 kg/ha), duas doses de fósforo (150 e 250 kg/ha) e duas doses de potássio (150 e 250 kg/ha), totalizando oito tratamentos (Tabela 6). As doses aplicadas por vaso corresponderam a 1 e 1,5 g de uréia; 2,3 e 3,4 g de sulfato de amônio; 0,52 e 0,86 g de

cloreto de potássio, referente as doses nitrogênio (200 – 300 kg ha⁻¹) e potássio (150 e 250 kg ha⁻¹), respectivamente. As doses de nitrogênio foram aplicadas de forma intercalada entre os adubos: uréia e sulfato de amônio.

Tabela 6. Esquema dos tratamentos utilizados no experimento.

.....kg ha ⁻¹					
T1	N ₁ P ₁ K ₁	200:150:150	T5	N ₂ P ₁ K ₁	300:150:150
T2	N ₁ P ₁ K ₂	200:150:250	T6	N ₂ P ₁ K ₂	300:150:250
T3	N ₁ P ₂ K ₁	200:250:150	T7	N ₂ P ₂ K ₁	300:250:150
T4	N ₁ P ₂ K ₂	200:250:250	T8	N ₂ P ₂ K ₂	300:250:250

A escolha das doses de N-P-K, utilizadas no presente trabalho, teve como base os resultados encontrada por Ribeiro (2008) e Araújo (2010) que avaliaram o efeito isolado de doses crescentes de nitrogênio destes elementos nas cultivares BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina, respectivamente. As menores doses de cada elemento, no presente trabalho, correspondem aos maiores valores testados pelos referidos autores, e que, segundo os mesmos, não foram suficientes para que as plantas expressassem todo seu potencial produtivo nas condições avaliadas. Desta forma, resolveu-se avaliar os efeitos destas doses e de outras maiores de N-P-K, utilizadas de forma conjunta.

Os adubos utilizados com fontes de N, P e K foram sulfato de amônia (20 % N e 24% S), uréia (45% de N), superfosfato simples (18 % de P₂O₅, 18-20% Ca e 11% S) e cloreto de potássio(58 % de K₂O), respectivamente. 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 de acordo com Ferreira (2000), conforme Tabela 7.

Tabela 7. Esquema de análises de variancia para cada genótipo

Fonte de Variação	GL
Bloco	2
Nitrogenio	1
Fosforo	1
Potassio	1
Nitrogenio*Fosforo	1
Nitrogenio*Potassio	1
Fosforo*Potassio	1
Nitrogenio*Fosforo*Potassio	1
Resíduo	14
Total	23

3.5. Instalação e condução dos experimentos

Inicialmente, em cada unidade experimental (vaso plástico de 100 litros com 56,5 cm de altura, 41,5 cm de diâmetro superior e 34 cm de diâmetro inferior), foram colocados 80 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 do K e 100% de N foram aplicados em cobertura, tendo sido parcelados em doze vezes, a primeira aos 36 dias após a semeadura DAS e as demais em intervalos de 10 dias.

Solução de zinco e cobre, diluída em água destilada, foi utilizada para realizar adubações foliares, sendo aplicada durante a fase vegetativa, na tentativa de reduzir deformações foliares apresentadas pelas cultivares. Estas aplicações foram feitas no aparecimento dos sintomas. Em cada vaso foram colocadas seis 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 dezessete dias após a semeadura (17 DAS), foi feito o primeiro desbaste, deixando as três plantas mais vigorosas do vaso. O segundo desbaste foi realizado aos 25 DAS, quando se eliminou mais duas plantas, mantendo-se apenas a planta mais vigorosa e permanecendo, assim, até os 197 e 203 DAS para as cultivares BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina, respectivamente.

A coleta das folhas foi feita aos 43, 58, 73, 88 e 103 DAS, utilizando-se uma tesoura de poda e saco de papel. Os racemos foram colhidos quando 2/3 dos frutos se encontravam maduros; em seguida foram identificados, separados por tratamento e repetição e colocados para completar a secagem em casa de vegetação, pelo tempo de 30 dias. Depois da secagem, os racemos foram contados e pesados separadamente para cada tratamento e repetição, enquanto o beneficiamento dos frutos foi manual depois de separados do racemo.

O conteúdo de água do solo, ao longo do período experimental, foi monitorado diariamente, utilizando uma sonda DIVINNER, inserida no solo através de um tubo de acesso instalado em cada vaso. Os valores do conteúdo água no solo obtidos para os intervalos de profundidade 10-20, 20-30, e 30-40 cm, eram lançados e processados em uma planilha computacional do Microsoft Excel. Nesta planilha, era contabilizado, diariamente o conteúdo de água presente em cada um dos intervalos, realizando-se um balanço do conteúdo total de água do solo, e calculado o volume de água a ser aplicado

em cada vaso para que fosse mantida a umidade do solo correspondente à capacidade de campo (100% de água disponível), conforme equação.

$$VR = \left(\frac{CC - CA}{10} \right) * A * D$$

Onde:

VR= Volume de água a aplicar (mL)

CC= Conteúdo de água do solo na capacidade de campo (% vol)

CA=Conteúdo de água do solo atual. (% vol)

A= área do vaso (cm²)

D= profundidade (cm)

A água utilizada no experimento foi fornecida pela Companhia de Água do Estado da Paraíba (CAGEPA), cujas características são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8. Características químicas da água utilizada durante a condução do experimento.

Características	valor
pH	7,15
Condutividade Elétrica (dS cm ⁻¹)	0,47
Cálcio (mmol _c L ⁻¹)	0,92
Magnésio (mmol _c L ⁻¹)	1,56
Sódio (mmol _c L ⁻¹)	2,56
Potássio (mmol _c L ⁻¹)	0,16
Carbonatos (mmol _c L ⁻¹)	0,00
Bicarbonatos (mmol _c L ⁻¹)	1,85
Cloretos (mmol _c L ⁻¹)	3,21
Sulfatos (mmol _c L ⁻¹)	0,00
Relação de Adsorção de Sódio (mmol _c L ⁻¹)	2,30
Classe de Água	C ₁ S ₁

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS/DEAg/CTRN/UFCG) Campina Grande-PB 2008.

Ao longo dos experimentos, realizou-se quinzenalmente o manejo fitossanitário de forma convencional, a fim de evitar problemas que prejudicassem a condução dos mesmos, tais como o aparecimento de sintomas evidenciando a presença de pragas ou doenças que pudessem provocar danos efetivos e consideráveis

3.6. Variáveis analisadas nos ensaios

3.6.1. Altura da Planta (AP) e Número de Folhas (NF)

A altura da planta foi medida do colo à base da folha mais jovem. Na contagem das folhas foram consideradas as que apresentavam comprimento mínimo de 3,0 cm nas épocas de leituras realizadas aos 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 dias após a semeadura (DAS).

3.6.2. Diâmetro do Caule (DC)

A medição do diâmetro do caule foi feita com um paquímetro, com as leituras sendo efetuadas a 2 cm da região do colo de cada planta, nos mesmos períodos estabelecidos para mensuração da altura de plantas (AP) e da contagem do número de folhas (NF).

3.6.3. Área Foliar (AF)

A área foliar é uma das mais importantes variáveis diretamente relacionada aos processos fisiológicos das plantas em geral (ALVIN, 1962). Desta forma, na medição das folhas, foram consideradas as que apresentavam comprimento mínimo de 3,0 cm, com as leituras sendo realizadas em intervalos de 20 dias até os 180 DAS. O cálculo da Área Foliar (AF) foi feito de acordo com o método de Wendt (1967), cuja fórmula utilizada é $LOG (Y) = - 0,346 + [2,152 * LOG (X)]$

Onde:

Y = área foliar (cm²)

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

3.6.4. Fitomassa

Ao final do período experimental (197 e 203 DAS), o material vegetal colhido foi separado em raízes, caules, folhas e cachos, seco em estufa de circulação de ar a temperatura de 60 °C até atingir peso constante e pesado. A obtenção da Fitomassa Total (FT) se deu através da soma dos pesos de cada uma dessas partes.

3.6.5. Relação Raiz / Parte Aérea (RR/PA)

A relação Raiz/Parte Aérea foi calculada pelo quociente entre os valores de fitomassa das raízes e os valores de fitomassa da parte aérea da planta aos 160 DAS, através da seguinte equação:

$$R/PA = \frac{MSR}{MSPA} (g\ g^{-1})$$

Onde:

MSR = matéria seca das Raízes (g)

MSPA = matéria seca da Parte Aérea (g)

3.6.6. Teores de macronutrientes na folha

A análise de composição mineral das folhas e do acúmulo de nutrientes pela planta foi realizada no material coletado aos 43 DAS, e depois em intervalos de 15 dias até aos 103 DAS, sendo utilizada a 4^o folha a partir do ápice da planta, lavando-se previamente o material com água destilada e secando-se, em seguida, em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 60°C (± 1°C). Utilizando-se de metodologias descritas por Malavolta et al. (1997), foram analisados os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), sendo o N por digestão sulfúrica, P, Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica no extrato ácido nítrico perclórico o K determinado por fotometria de chama e o S por turbidimetria.

3.6.7. Produção da mamona

Todos os frutos produzidos pela planta até o último cacho maduro antes do corte, aos 193 e 203 DAS, foram computados e pesados; depois de abertos, procedeu-se à pesagem das sementes de cada tratamento, em uma balança de precisão. A produção da cultura foi representada pelas seguintes parâmetros: Comprimento do Racemo (CR), Quantidade de Frutos por Racemo (QFR), Peso do Racemo (PR), Quantidade de Sementes por Racemo (QSR), Peso de 100 Sementes (P100S), Teor de Óleo e Proteína Bruta na semente (TOPS),

a) Comprimento do Racemo e Quantidade de Frutos por Racemo (OFR)

As medições foram efetuadas na região da raque provida de frutos, através de uma régua graduada em centímetros. Na obtenção do número de frutos por racemo dividiu-se o número total de frutos pela quantidade de racemos produzidos.

b) Peso e Quantidade de Sementes dos Racemos (POSR)

A massa do racemo foi obtida em gramas pelo quociente entre a massa total dos racemos de cada parcela e o número de racemos produzidos; antes da pesagem, os racemos foram postos para secar em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 60°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e, posteriormente, feita a contagem no número de sementes por racemo.

c) Teor de Óleo (TO) e Proteína na Semente e Peso de 100 Sementes (P100S).

No Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFPB, as amostras foram submetidas à pré-secagem em estufa de circulação forçada a 55°C e moídas em moinho com peneira de malha de 1,0 mm de diâmetro, para posteriores determinações da Proteína Bruta (PB) e o Teor de Óleo da Semente (TO), segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). A massa de 100 sementes de cada unidade experimental foi obtida através de pesagem com uma balança de precisão.

3.6.8. Teores de macronutrientes nas sementes

Na avaliação de nutrientes foram determinados os teores de macronutrientes na matéria seca das sementes, empregando o mesmo procedimento metodológico utilizados para os teores nas folhas (EMBRAPA, 1997).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Variáveis de crescimento da cultivar BRS 149 nordestina.

a) Altura da planta

A evolução da altura das plantas foi avaliada aos 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 dias após a semeadura (DAS). No entanto, efeitos significativos do nitrogênio e das interações de nitrogênio x fósforo; fósforo x potássio; e nitrogênio x fósforo x potássio foram observados somente aos 160 DAS (Tabela 9). No período de 120 a 140 DAS, não se verificou efeito significativo dos tratamentos corroborando com Severino et al. (2006) que não encontraram efeito significativo de doses crescentes de NPK sobre a altura de plantas, aos 130 DAS. Contudo, discordaram de Silva et al. (2007) que verificaram diferença significativa na altura da planta aos 100 DAS, utilizando doses crescente de nitrogênio (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹). Da mesma forma, os presentes resultados discordaram de Severino et al. (2004) que encontraram efeito significativo do fósforo e do potássio na altura de plantas cultivadas no município de Assu, RN.

Tabela 9. Resumo da análise de variância para a altura da planta, aos 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS 149 Nordestina submetida aos tratamentos com Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K).

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio							
		Dias após a semeadura							
		20	40	60	80	100	120	140	160
Bloco	2	1,34 ^{ns}	2,37 ^{ns}	5,34 ^{ns}	3,29 ^{ns}	2,62 ^{ns}	3,79 ^{ns}	3,04 ^{ns}	37,04 ^{ns}
N	1	11,20 ^{ns}	21,40 ^{ns}	61,76 ^{ns}	40,04 ^{ns}	57,04 ^{ns}	98,01 ^{ns}	54,00 ^{ns}	117,04 ^{**}
P	1	23,20 ^{ns}	37,50 ^{ns}	0,26 ^{ns}	9,37 ^{ns}	9,37 ^{ns}	12,76 ^{ns}	24,00 ^{ns}	0,04 ^{ns}
K	1	12,61 ^{ns}	13,50 ^{ns}	4,59 ^{ns}	6,00 ^{ns}	9,37 ^{ns}	12,76 ^{ns}	2,66 ^{ns}	1,04 ^{ns}
N*P	1	10,14 ^{ns}	24,00 ^{ns}	7,59 ^{ns}	10,66 ^{ns}	100,04 ^{ns}	94,01 ^{ns}	80,66 ^{ns}	117,04 ^{**}
N*K	1	21,28 ^{ns}	16,66 ^{ns}	17,51 ^{ns}	35,04 ^{ns}	45,37 ^{ns}	52,51 ^{ns}	42,66 ^{ns}	9,37 ^{ns}
P*K	1	25,21 ^{ns}	60,16 ^{ns}	44,01 ^{ns}	35,04 ^{ns}	70,04 ^{ns}	41,34 ^{ns}	42,66 ^{ns}	100,04 ^{**}
N*P*K	1	5,41 ^{ns}	24,00 ^{ns}	14,26 ^{ns}	1,50 ^{ns}	5,04 ^{ns}	19,26 ^{ns}	54,00 ^{ns}	198,37 ^{**}
Resíduo	14	10,94	22,70	23,81	28,22	2,62	23,16	15,61	19,99
CV (%)		14,60	13,71	9,56	8,38	6,18	6,31	5,06	5,30

GL - Grau de Liberdade; CV - Coeficiente de Variação; ns= Não Significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade.

A altura da planta de uma espécie é determinada pela expressão de diversos fatores como o espaçamento entre plantas, espaçamento entre fileiras, suprimento de água, fertilidade do solo, potencial genético de cada cultivar, época de semeadura entre outros

fatores (Silva, 2008). De acordo com o desdobramento da interação entre os elementos, foi constatado efeito significativo para as doses de nitrogênio combinadas com o tratamento P_2K_1 ; para as doses de fósforo combinadas com N_1K_1 ; e para as doses de potássio combinadas com os tratamentos N_1P_1 e N_1P_2 (Tabela 10).

A menor dosagem utilizada entre os tratamentos estudados ($200:150:150 \text{ kg ha}^{-1}$), referente à testemunha, apresentaram maior valor em altura de 89,67 cm e o menor valor em altura de 75,33 cm, foi referente ao tratamento $200:250:150 \text{ kg ha}^{-1}$ (Tabela 10). Estes resultados foram superiores aos 72,3; 70,0 e 70,3 cm observados por Araújo et al. (2009 a) com a cultivar BRS – 149 Nordestina, adubadas com $200:90:60$; $40:150:60$ e $40:90:150 \text{ kg ha}^{-1}$ de NPK, respectivamente. No entanto, podem-se observar pequenas diferenças entre estas alturas mesmo considerando as maiores quantidades dos adubos aplicados no presente trabalho.

Tabela 10. Altura de plantas (cm) de mamoneira da cultivar BRS 149 Nordestina aos 160 DAS, cultivadas em um Neossolo Quartzarênico submetidos à adubação com NPK.

Nitrogênio	Potássio			
	$K_1 (150 \text{ kg ha}^{-1})$		$K_2 (250 \text{ kg ha}^{-1})$	
	Fósforo		Fósforo	
	$P_1 (150 \text{ kg ha}^{-1})$	$P_2 (250 \text{ kg ha}^{-1})$	$P_1 (150 \text{ kg ha}^{-1})$	$P_2 (250 \text{ kg ha}^{-1})$
200 kg ha^{-1}	89,67a A α	75,33 b B α	79,00 a A β	84,33 a A β
300 kg ha^{-1}	82,67 a A α	88,67 a A α	86,00 a A α	88,67 a A α

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (Doses de nitrogênio), maiúscula nas linhas (Doses de fósforo) e letras gregas nas linhas (Doses de potássio) não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Silva et al. (2007), trabalhando com a cultivar BRS – 149 Nordestina, adubada com 0, 30, 60 e 120 kg ha^{-1} , apresentaram os resultados das alturas de plantas de 58, 94, 87 e 96 cm, respectivamente. É interessante observar que a altura 96 cm, correspondente aos 120 kg ha^{-1} de nitrogênio, foi maior que as alturas das plantas adubadas com 200 e 300 kg ha^{-1} do mesmo elemento, no presente trabalho.

Diniz Neto (2008), trabalhando com a cultivar BRS 149 Nordestina, avaliando N_0 (sem adubação); N_1 : 40-25-15; N_2 : 80-50-30 e N_3 : 120-75-45 kg ha^{-1} de $N-P_2O_5-K_2O$ observou as alturas das plantas de 244; 232; 264 e 313 cm e 320; 384; 365 e 397 cm cultivadas em Limoeiro do Norte e Pentecostes, respectivamente. Segundo Silva (2008) estudando a cultivar de mamona BRS 149 Nordestina, utilizando $60-80-40 \text{ kg ha}^{-1}$ de NPK, nas condições agroecológicas do Recôncavo Baiano, observou, aos 160 dias após o plantio, a altura de plantas em torno de 175 cm. Severino et al. (2004), no município

de Assu, RN, encontraram alturas de plantas de 179,7; 226,3 e 230,0 cm correspondentes aos níveis de 50 kg ha⁻¹ de N; 120 kg ha⁻¹ de P e 80 kg ha⁻¹ de K, respectivamente.

Já Severino et al. (2006 b), no município de Quixeramobim, CE, encontraram as alturas de plantas de 230; 240 e 220 cm com 100 kg ha⁻¹ de N; 120 kg ha⁻¹ de P e 120 kg ha⁻¹ de K, respectivamente. Almeida Junior et al. (2009) avaliando diferentes doses de fósforo (0, 3, 6, 9, 12 e 15 g planta⁻¹) no cultivar de BRS 149 Nordestina, constataram efeito significativo na altura das plantas, verificando que a maior altura, aos 65 dias após a semeadura, foi proporcionada pela dose de 8 g planta⁻¹ com 101,8 cm. Rodrigues et al. (2009), avaliando níveis de água para esta mesma cultivar (0,60; 0,75; 0,90; 1,05 e 1,20 ETc), adubada com 100, 300 e 150 mg kg⁻¹ de NPK, verificaram, em média, como altura de plantas aos 174 DAS, igual a 136,01 cm. Em todos estes resultados, as alturas de plantas foram maiores que os encontrados no presente trabalho apesar de os níveis de NPK aplicados no mesmo serem bem maiores que os utilizados pelos autores citados.

b) Diâmetro caulinar

De acordo com o resultado da análise de variância (Tabela 11), observou-se efeito significativo ($p \leq 5$) apenas das dosagens de nitrogênio, avaliados aos 60, 80, 100, 120, 140 e 160 DAS, ou seja, aos 20 e 40 DAS não se verificou diferença significativa sobre o diâmetro caulinar. Os tratamentos correspondentes às doses de fósforo e de potássio, ao longo do período experimental, também não influenciaram o diâmetro caulinar das plantas. Os resultados obtidos discordam de Silva et al. (2007) que não observaram efeito significativo aos 100 DAS para as dosagens de nitrogênio sobre o diâmetro caulinar.

Os resultados obtidos, no presente trabalho, com respeito às doses de fósforo, como já foram comentados anteriormente, não apresentaram efeito estatístico ao longo do período experimental, discordando de Almeida Junior et al. (2009) que verificaram o efeito das doses de fósforo (0; 3; 6; 9; 12 e 15 g planta⁻¹) no desenvolvimento inicial da mamoneira (65 DAS), resultando em maior valor de diâmetro caulinar (17,1mm), correspondente à dose de máxima eficiência física de 7,1 g de P planta⁻¹.

Da mesma forma, os presentes resultados discordaram de Severino et al. (2004) que encontraram efeito significativo do fósforo e do potássio no diâmetro caulinar das

plantas cultivadas no município de Assu, RN, apresentando diâmetros caulinares de 33,3; 41,9 e 46,8 mm correspondentes aos níveis de 50 kg ha⁻¹ de N; 120 kg ha⁻¹ de P e 80 kg ha⁻¹ de K, respectivamente. Entretanto, Severino et al. (2006 b) não encontraram efeito significativo de doses crescentes de NPK sobre o diâmetro caulinar, aos 130 dias após a semeadura, apresentando os diâmetros caulinares de 36,94; 42,05 e 37,79 mm correspondentes aos níveis de 100 kg ha⁻¹ de N; 120 kg ha⁻¹ de P e 120 kg ha⁻¹ de K.

Tabela 11. Resumos das análises de variância e significância das médias do diâmetro caulinar da planta.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio							
		Dias após a semeadura							
		20	40	60	80	100	120	140	160
Bloco	2	0,53 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,30 ^{ns}
N	1	0,63 ^{ns}	0,42 ^{ns}	9,25**	9,25**	14,26**	16,83**	16,66**	22,23**
P	1	1,08 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}
K	1	0,51 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,63 ^{ns}
N*P	1	0,05 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,09 ^{ns}
N*K	1	0,07 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,18 ^{ns}	1,30 ^{ns}	2,34 ^{ns}
P*K	1	0,05 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,26 ^{ns}
N*P*K	1	0,35 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,150 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,45 ^{ns}
Resíduo	14	0,69	0,93	0,37	0,37	0,59	0,52	0,58	0,71 ^{ns}
CV (%)		13,41	8,33	3,16	3,16	3,48	3,33	3,49	3,74
Nitrogênio		Médias (mm)							
N ₁		6,40a	11,4a	15,69b	18,67b	20,48b	20,88b	21,10b	21,68b
N ₂		6,08a	11,7a	16,52a	19,91a	22,03a	22,56a	22,77a	23,60a
DMS		0,73	0,85	0,67	0,53	0,68	0,62	0,70	0,74

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; GL - Grau de Liberdade; CV - Coeficiente de Variação; ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; DMS: Diferença Mínima Significativa

Avaliando a evolução da variável diâmetro do caule ao longo do experimento, observou-se que a dosagem de nitrogênio N₂ sobressai sobre a dosagem N₁ com uma superioridade de 5,26; 2,63; 5,28; 6,64; 10,15; 8,04; 7,91 e 8,85 % nas épocas 20; 40; 60; 80; 100; 120; 140 e 160 DAS, respectivamente. O diâmetro caulinar é um parâmetro importante em análises de crescimento não destrutivo (RIBEIRO, 2008). Assim sendo, as plantas apresentaram um crescimento mais pronunciado até 100 DAS; posteriormente, quando as mesmas estavam em plena frutificação, tiveram seu crescimento inibido (Figura 3).

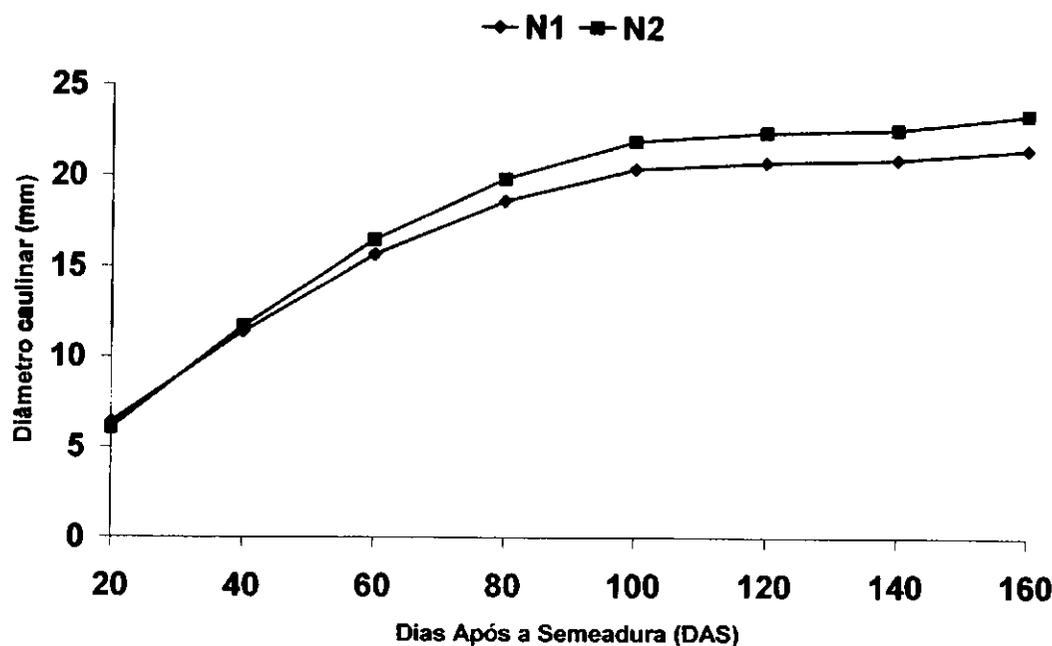


Figura 3. Evolução do diâmetro caulinar da mamoneira cv BRS Nordestina ao longo do experimento, em função das doses de nitrogênio.

Silva et al. (2007), estudando a cultivar BRS 149 Nordestina com a utilização de doses crescentes de nitrogênio (0, 30, 60, 120 kg ha⁻¹), encontraram aos 100 DAS os seguintes diâmetros caulinares: 12,3; 15,9; 15 e 14,2 mm. Estes resultados, aos 100 DAS, foram menores do que os observados na Tabela 11, justificados em relação às maiores doses de nitrogênio, pois o nitrogênio é componente estrutural dos aminoácidos e proteínas e sua deficiência retarda o crescimento da planta (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Diniz Neto (2008), trabalhando com a cultivar BRS 149 Nordestina em campo, avaliando N₀ (sem adubação); N₁: 40-25-15; N₂: 80-50-30 e N₃: 120-75-45 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O observou os seguintes diâmetros caulinares: 44,5; 45,5; 50,6 e 57,9 mm e 54,8; 65,7; 66,1 e 68,1 mm em Limoeiro do Norte e em Pentecoste, respectivamente. Esses resultados foram maiores do que todos os tratamentos estudados neste trabalho, apesar da utilização de doses menores de NPK.

Guimarães et al. (2008), avaliando diferentes fontes de adubo, três orgânicos e um mineral, perceberam diferença significativa entre os valores de diâmetro caulinar. Em geral, estes valores foram maiores nas plantas, avaliadas aos 75 DAS, com a aplicação de 170 kg ha⁻¹ (variando de 14,30 a 20,67 mm) em relação aos 225 kg ha⁻¹ de nitrogênio (variando de 15,30 a 18,13 mm). Entretanto, os valores de diâmetro caulinar das plantas utilizadas com doses de ureia, aos 75 DAS, com 170 e 225 kg ha⁻¹ de N,

corresponderam a 14,30 e 16,33 mm, respectivamente, ou seja, valores semelhantes aos encontrados na Tabela 11 para os períodos entre 60 e 80 DAS.

De acordo com Oliveira et al. (2009), o diâmetro caulinar foi influenciado pelas doses crescentes de matéria orgânica na composição do substrato, para ambos os esterco (bovino e ovino), encontrando os máximos diâmetros caulinares iguais a 16,1 e 14,6 mm com esterco bovino e esterco ovino, respectivamente, aos 54 DAS.

Xavier (2007), irrigando a cultivar BRS 149 Nordestina com águas residuárias e lâminas de irrigação, obteve diâmetros caulinares de 23; 23; 24; 24, 24,4 e 25 mm aos 60, 80, 100, 120, 140 e 150 DAS, respectivamente, valores estes ligeiramente superiores aos obtidos no presente estudo.

Rodrigues et al. (2009) observaram diâmetro caulinar médio superior a 32 mm maior que os 23 mm obtidos por Barros Júnior et al. (2008), em estudo relacionado a 5 níveis de reposição de água, em termos de evapotranspiração (ETc: 0,60; 0,76; 0,90; 1,05 e 1,20), porém, com água de abastecimento, cuja diferença pode ser atribuída ao aporte de nutrientes da água residuária.

c) Número de folhas

Na Tabela 12, encontra-se o resumo das análises de variância referente à variável número de folhas (NF) aos 40, 60, 80, 100, 120 e 160 DAS da cultivar BRS 149 Nordestina. Os resultados referentes às dosagens de nitrogênio, ao longo do período experimental, foram significativos aos níveis de 5% de probabilidade, porém as doses de fósforo e potássio não sofreram efeito significativo ao número de folhas.

Tabela 12. Resumos das análises de variância e médias do número de folhas por planta.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio					
		Dias após a semeadura					
		40	60	80	100	120	160
Bloco	2	4,54 ^{ns}	36,16 ^{ns}	21,12 ^{ns}	7,29 ^{ns}	12,12 ^{ns}	36,16 ^{ns}
N	1	15,04*	170,66**	135,3**	187,04**	234,3**	651,04**
P	1	0,04 ^{ns}	4,16 ^{ns}	1,04 ^{ns}	2,04 ^{ns}	3,37 ^{ns}	108,37 ^{ns}
K	1	0,37 ^{ns}	16,66 ^{ns}	26,04 ^{ns}	45,37 ^{ns}	40,04 ^{ns}	9,37 ^{ns}
N*P	1	2,04 ^{ns}	0,66 ^{ns}	12,04 ^{ns}	2,04 ^{ns}	5,04 ^{ns}	9,37 ^{ns}
N*K	1	1,04 ^{ns}	0,16 ^{ns}	26,04 ^{ns}	9,37 ^{ns}	35,04 ^{ns}	135,37 ^{ns}
P*K	1	0,04 ^{ns}	16,66 ^{ns}	22,04 ^{ns}	15,04 ^{ns}	1,04 ^{ns}	100,04 ^{ns}
N*P*K	1	0,04 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,04 ^{ns}	12,04 ^{ns}	7,04 ^{ns}	15,04 ^{ns}
Resíduo	14	2,73	11,35	7,12	7,29 ^{ns}	6,45	23,50 ^{ns}
CV (%)		15,80	22,34	14,93	17,98	13,46	15,92
Nitrogênio		Médias					
N ₁		9,67 b	12,42 b	15,50 b	14,25 b	15,75 b	25,25 b
N ₂		11,25 a	17,75 a	20,25 a	19,83 a	22,00 a	35,67 a
DMS		1,44	2,95	2,34	2,68	2,22	4,24

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; GL= Grau de Liberdade; CV= Coeficiente de Variação, ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade, N₁= 200 kg/ha e N₂=300 kg/há; DMS= Diferença Mínima Significativa.

O número de folhas por planta (Tabela 12), independentemente da idade, foi superior nos tratamentos com a maior dose de nitrogênio N₂= 300 kg ha⁻¹ em relação N₁= 200 kg ha⁻¹. As superioridades foram de 16,33; 42,91; 30,64; 39,15; 26,98 e 41,26 % nas idades de 40, 60, 80, 100, 120, e 160 DAS, respectivamente. Percebe que o número de folhas teve um crescimento acelerado até 80 DAS, passando por período de crescimento lento dos 80 aos 120 DAS, e posteriormente, crescente até os 160 DAS (Figura 4).

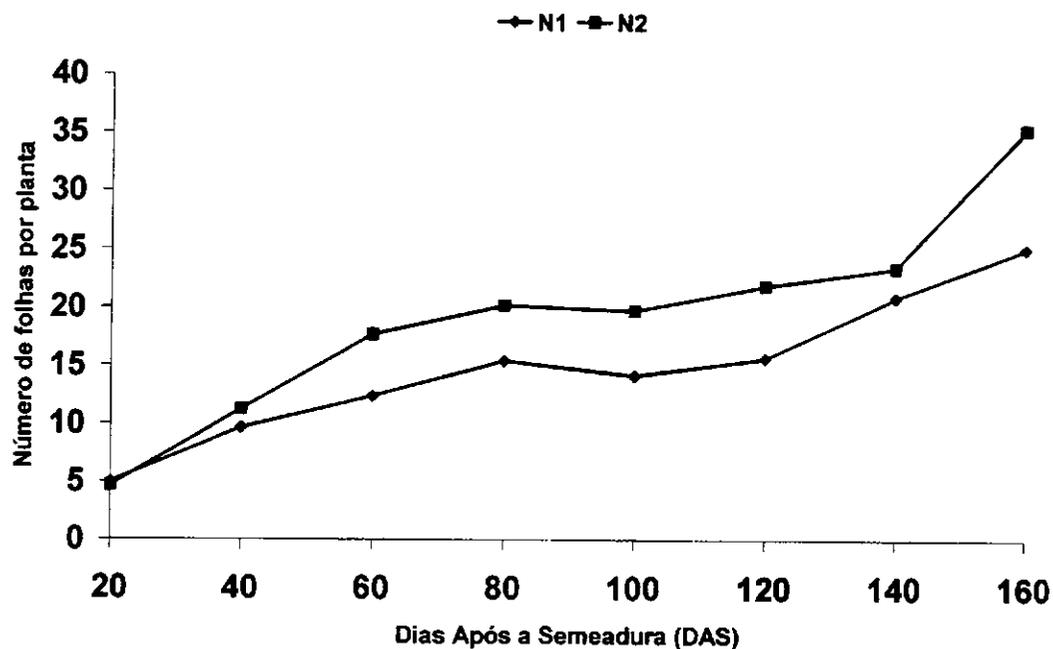


Figura 4. Evolução do número de folhas da mamoneiro cv BRS Nordestina ao longo do experimento, em função das doses de nitrogênio.

Comportamento diferente foi verificado por Silva (2008), com a mamona cultivar, que o número de folhas teve um crescimento lento nos primeiros 60 DAS, passando por um período crescente acentuado até chegar o máximo entre os 120 e 150 DAS e, posteriormente, decrescendo até a fase final do ciclo das plantas. Dessa forma verifica-se que o aumento da fertilização do solo com nitrogênio estimula a emissão do número de folhas da mamoneira.

O número de folhas encontrado na dosagem N_2 aos 160 DAS, igual a 35,67, foi superior ao número de folhas encontrado por Beltrão et al. (2005) estudando a cultivar BRS 149-Nordestina, no município de Missão Velha-CE, quando obtiveram 32,55 folhas. Entretanto, este mesmo número de folhas foi maior do que o apresentado na dosagem N_1 , no mesmo período.

Plantas da mesma cultivar, nas condições agroecológicas do Recôncavo Baiano, fertilizadas com NPK nas dosagens de 60, 80 e 40 $kg\ ha^{-1}$, aos 40, 60, 80, 100, 120 e 160 DAS, apresentaram, respectivamente, números de folhas de 3,87; 16,84; 45,5; 88; 131,45 e 160,5 (SILVA, 2008). Comparando esses números com os obtidos no presente trabalho (Tabela 12), pode-se observar, aos 40 DAS, que nas plantas tratadas com $N_1=200$ e $N_2=300\ kg\ ha^{-1}$ os números de folhas foram superiores, com 9,67 e 11,25 folhas planta⁻¹, respectivamente. No período de 60 DAS, as plantas que receberam os tratamentos de 200 e 300 $kg\ ha^{-1}$ de N apresentaram número de folhas inferior e

semelhante, ou seja, 12,42 e 17,75, respectivamente, em relação ao número 16,84, citado por Silva (2008), porém, para os demais períodos estudados, os valores do número de folhas, do presente trabalho, foram inferiores do que o referido autor.

d) Área foliar

A área foliar é um dos principais componentes para que uma espécie vegetal tenha maior eficiência fotossintética. De um modo geral, existe uma correlação positiva entre área foliar e alocação de matéria seca nas comunidades vegetais. É uma característica imprescindível em estudos de análise de crescimento, uma vez que sua quantificação, junto com a matéria seca, serve como base para a determinação de diversos índices fisiológicos (SILVA, 2008).

Dentre as fontes da variação, apenas a adubação nitrogenada interferiu significativamente na área foliar (Tabela 13).

Tabela 13. Resumos das análises de variância e médias da área foliar da planta.

Fonte de variação	G L	Quadrado Médio					
		Dias após a semeadura					
		60	80	100	120	140	160
Bloco	2	2162 ^{ns}	77156 ^{ns}	446873 ^{ns}	499589 ^{ns}	691413 ^{ns}	474331 ^{ns}
N	1	740295*	6518981*	15918343*	20430275*	6085844**	9212170**
P	1	66203 ^{ns}	20151 ^{ns}	48230 ^{ns}	63878 ^{ns}	210581 ^{ns}	41246 ^{ns}
K	1	78118 ^{ns}	122391 ^{ns}	980237 ^{ns}	50145 ^{ns}	1238630 ^{ns}	388 ^{ns}
N*P	1	89549 ^{ns}	414603 ^{ns}	1249 ^{ns}	796243 ^{ns}	12541 ^{ns}	1047997 ^{ns}
N*K	1	23513 ^{ns}	151717 ^{ns}	197125 ^{ns}	11544 ^{ns}	1835982 ^{ns}	37768 ^{ns}
P*K	1	56381 ^{ns}	551538 ^{ns}	4195 ^{ns}	743255 ^{ns}	581620 ^{ns}	1862 ^{ns}
N*P*K	1	146389 ^{ns}	115207 ^{ns}	2078305 ^{ns}	322 ^{ns}	137068 ^{ns}	754606 ^{ns}
Resíduo	14	145642	420159	362032	183437	766037	761086
CV (%)		35,41	12,48	12,16	9,03	18,25	17,39
Nitrogênio		Médias (cm² planta⁻¹)					
N ₁		3362,1b	4673,87b	4132,93b	3821,76b	4292,87b	3056,25b
N ₂		4472,9a	5716,22a	5761,75a	5667,03a	5300,00a	6974,62a
DMS		334,15	567,56	526,84	375,01	766,36	763,88

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade GL= Grau de Liberdade; CV=Coeficiente de Variação ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade, N₁= 200 kg/ha e N₂=300 kg/ha, DMS= Diferença Mínima Significativa.

Mediante análise da evolução da área foliar e por doses de nitrogênio (Figura 5), os efeitos destas doses foram intensificando-se ao longo do tempo, com crescimento acelerado até aos 80 DAS; posteriormente, houve uma diminuição, próxima à estabilização até aos 140 DAS, em seguida, um crescimento e decréscimo, respectivamente para as doses de N₂ e N₁. Esse declínio, provavelmente ocorreu devido à senescência das folhas aliada ao fato dos assimilados pelas plantas, nesta época. O

nitrogênio está sendo translocados para satisfazer as necessidades da frutificação, ocasionando redução em sua área foliar (TAIZ e ZEIGER, 2004). Em geral, constatou-se que a dose de nitrogênio N_2 (300 kg ha^{-1}) se sobressaiu sobre a dose N_1 (200 kg ha^{-1}) em todas as idades das plantas estudadas com superioridade de 24,33; 18,23; 28,27; 32,56; 19,00 e 56,18%, aos 60, 80, 100, 120, 140 e 160 DAS, respectivamente.

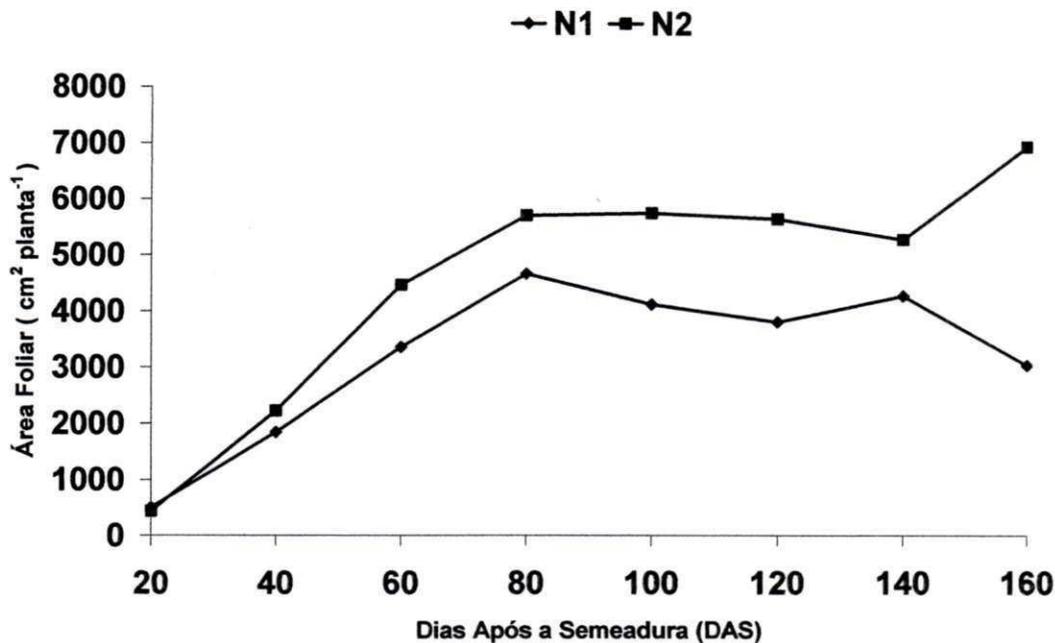


Figura 5. Evolução da área foliar da mamoneira cv BRS Nordestina ao longo do experimento, em função das doses de nitrogênio.

Araújo et al. (2009) informa que aos 80 DAS as áreas foliares da cultivar BRS 149 Nordestina submetida às doses crescentes de N, variaram de $3.846,80$ (40 kg ha^{-1}) a $5.673,81 \text{ cm}^2$ (160 kg ha^{-1}) (47,49 % de aumento), respectivamente. O valor, obtido com 160 kg ha^{-1} de nitrogênio, foi maior do que o $4673,87 \text{ cm}^2$, observado com a dose de 200 kg ha^{-1} , e semelhante ao $5716,22 \text{ cm}^2$, constatado com a dose de 300 kg ha^{-1} , no presente trabalho, mostrando que o aumento das altas doses de nitrogênio não aumentou proporcionalmente a área foliar.

O efeito dos tratamentos sobre a área foliar é de extrema importância, uma vez que existe uma estreita relação entre a área foliar e a atividade fotossintética e, conseqüentemente, maior desenvolvimento das plantas (OLIVEIRA et al., 2009). De acordo com esses autores, aplicando matéria orgânica na cultivar BRS 149-Nordestina, observaram resposta diferenciada de acordo com a fonte aplicada. Para o esterco bovino eles constataram a maior área foliar como $1352,6 \text{ cm}^2$ com 31,6% de esterco bovino.

Para o esterco ovino, foi observada resposta linear, com a área foliar crescente com o incremento do teor deste esterco.

O valor máximo da área foliar encontrada por Silva (2008), em função dos 134 dias após emergência, foi de $656 \text{ dm}^2 \text{ planta}^{-1}$ para BRS 149 Nordestina. Barros Junior et al. (2008), avaliando o efeito do conteúdo de água do solo sobre o desenvolvimento da mamoneira, também observou uma perda progressiva de área foliar já a partir dos 60 DAS. Entretanto, isso ocorreu para os tratamentos mantidos a 40% de água disponível no solo, evidenciando, neste caso, o efeito do estresse hídrico. Rodrigues et al. (2009) observaram a perda progressiva da área foliar a partir dos 90 DAS. Coelho (2006) estudando a cultivar BRS 149-Nordestina, utilizando água de condutividade elétrica de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ aos 20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 DAS, obteve os seguintes valores de área foliar: 401,6; 3.021,5; 8.097,4; 12.660,8; 17.801; 18.812 e $14.996,9 \text{ cm}^2$, sendo maiores que os dados da Tabela 14.

Os resultados obtidos na presente pesquisa com respeito às doses de fósforo, como já foram comentados anteriormente, não apresentaram efeito estatístico ao longo do período experimental. Fato que diverge de estudos de Almeida Junior et al. (2009), uma vez que verificaram o efeito das doses de fósforo (0; 3; 6; 9; 12 e 15 g planta^{-1}) no desenvolvimento inicial da mamoneira (65 DAS), obtendo-se a maior área foliar ($4954,8 \text{ cm}^2$), correspondente à dose de máxima eficiência física de $7,6 \text{ g de P planta}^{-1}$.

4. 2. Variáveis de crescimento relacionadas a cultivar BRS 189 Paraguaçu

a) Altura de plantas

Conforme a análise de variância (ANOVA), referente à altura das plantas da cultivar BRS 188 Paraguaçu, submetidas às combinações de nitrogênio, fósforo e potássio (Tabela 14), não se verificou diferença significativa ao longo do período experimental, indicando que esta variável não foi influenciada pelas doses de NPK. Entretanto, Ribeiro et al. (2009) com a mesma cultivar, utilizando doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, de forma isolada, verificaram diferenças significativas aos 80 e 60 DAS, referentes às doses de nitrogênio e fósforo, respectivamente; porém, não houve diferença estatística entre as doses de potássio, ao longo do período experimental, para a variável altura de planta.

Tabela 14. Resumos das análises de variância da altura da planta da cultivar BRS Paraguaçu.

Fonte de Variação	G	Quadrado Médio								
		L	Dias após a semeadura							
			20	40	60	80	100	120	140	160
Bloco	2	16,12 ^{ns}	20,16 ^{ns}	33,04 ^{ns}	36,16 ^{ns}	19,01 ^{ns}	24,78 ^{ns}	12,07 ^{ns}	53,29 ^{ns}	
N	1	0,26 ^{ns}	20,16 ^{ns}	104,1 ^{ns}	92,04 ^{ns}	92,04 ^{ns}	73,50 ^{ns}	160,1 ^{ns}	135,3 ^{ns}	
P	1	14,26 ^{ns}	10,66 ^{ns}	28,16 ^{ns}	18,37 ^{ns}	0,66 ^{ns}	2,66 ^{ns}	9,37 ^{ns}	2,04 ^{ns}	
K	1	33,84 ^{ns}	54,00 ^{ns}	37,50 ^{ns}	7,04 ^{ns}	12,34 ^{ns}	6,00 ^{ns}	6,00 ^{ns}	9,37 ^{ns}	
N*P	1	10,01 ^{ns}	8,16 ^{ns}	42,66 ^{ns}	14,01 ^{ns}	121,50 ^{ns}	100,0 ^{ns}	145,0 ^{ns}	70,04 ^{ns}	
N*K	1	3,76 ^{ns}	1,50 ^{ns}	6,00 ^{ns}	28,16 ^{ns}	73,50 ^{ns}	176,04 ^{ns}	216,0 ^{ns}	376,0 ^{ns}	
P*K	1	0,84 ^{ns}	2,66 ^{ns}	10,66 ^{ns}	32,66 ^{ns}	100,04 ^{ns}	198,37 ^{ns}	247,0 ^{ns}	108,3 ^{ns}	
N*P*K	1	14,26 ^{ns}	4,16 ^{ns}	1,50 ^{ns}	7,04 ^{ns}	5,04 ^{ns}	4,16 ^{ns}	51,04 ^{ns}	222,0 ^{ns}	
Resíduo	14	10,52	13,26	24,61	64,92	86,76	84,84	72,96	99,29	
CV (%)		13,42	9,63	9,08	11,48	11,51	10,79	9,87	7,49	

GL= Grau de Liberdade; CV=Coefficiente de Variação; ns= não significativo.

Com relação às alturas de plantas, mesmo sem diferença estatística, o maior valor em altura foi observado no tratamento N₁P₁K₁ (200-150-150 kg ha⁻¹) com valor de 97,67 cm com uma superioridade de 21,07% em comparação ao menor tratamento N₁P₁K₂ que foi de 80,67 cm. Isso significou que, aumentando 100 kg ha⁻¹ de potássio, foi provocado um decréscimo na altura da planta na ordem de 17 cm (Tabela 15).

Tabela 15. Altura da planta (cm) da cultivar BRS 188 Paraguaçu aos 160 DAS, em condições de casa de vegetação.

Nitrogênio	Potássio			
	K ₁ (150 kg ha ⁻¹)		K ₂ (250 kg ha ⁻¹)	
	Fósforo			
	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)
200 kg ha ⁻¹	97,67 a A α	83,33 a A α	80,67 a A α	87,00 a A α
300 kg ha ⁻¹	85,00 a A α	89,67 a A α	96,00 a A α	97,00 a A α

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (doses de nitrogênio), maiúscula na linha (doses de fósforo) e grega na linha (doses de potássio) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey,

Os valores encontrados na Tabela 15 superaram os 71,39 cm apresentados por Santos (2008) aos 160 dias após o plantio na cultivar mamona BRS 188 Paraguaçu, utilizando 90 kg ha⁻¹ de N. Ribeiro et al. (2009), trabalhando com a cultivar BRS - 188 Paraguaçu em casa de vegetação, avaliando os tratamentos de NPK correspondentes a 200:90:60, 40:150:60 e 40:90:150 kg ha⁻¹, observaram as seguintes alturas de plantas, respectivamente, de 82,07; 67,50 e 68,33 cm, sendo estas menores que as alturas de plantas encontradas no presente trabalho, com exceção do tratamento N₁P₁K₂. Entretanto, vale ressaltar que os valores das alturas das plantas neste trabalho, foram inferiores aos 200 cm obtidos por Silva (2008), para a BRS 188 Paraguaçu, aos 160 dias

após o plantio, nas condições agroecológicas do Recôncavo Baiano, utilizando 60-80-40 kg ha⁻¹ de NPK.

b) Diâmetro caulinar

O diâmetro caulinar das plantas BRS 188 Paraguaçu respondeu significativamente apenas às dosagens de nitrogênio, ao longo do ciclo da cultura, com exceção aos 20 e 40 DAS, que não houve efeito significativo (Tabela 16). Esse resultado diverge dos estudados Santos (2008), que não verificou diferença estatística das doses de nitrogênio (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹). Entretanto, Ribeiro et al. (2009), estudando a mesma cultivar com doses crescente de nitrogênio, fósforo e potássio de forma isolada, verificaram efeito estatístico apenas aos 60; 80 e 140 DAS, referente as doses de nitrogênio sobre o diâmetro caulinar. Tais dados assemelham-se às constatações de Lacerda (2006) que, estudando a mesma cultivar, verificou diferença significativa na aplicação da matéria orgânica.

Tabela 16. Resumos das análises de variância e médias do diâmetro caulinar da planta da cultivar BRS Paraguaçu.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio							
		Dias após a semeadura							
		20	40	60	80	100	120	140	160
Bloco	2	0,61 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,16 ^{ns}	2,07 ^{ns}	1,45 ^{ns}	1,45 ^{ns}	1,04 ^{ns}
N	1	0,00 ^{ns}	1,81 ^{ns}	5,13*	11,90**	8,64*	10,53*	9,75*	16,17*
P	1	0,8 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,87 ^{ns}	1,70 ^{ns}	4,25 ^{ns}	3,76 ^{ns}	1,35 ^{ns}
K	1	6,00 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,51 ^{ns}	4,33 ^{ns}	7,15 ^{ns}	6,30 ^{ns}	5,51 ^{ns}
N*P	1	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,88 ^{ns}	2,34 ^{ns}	1,76 ^{ns}	1,00 ^{ns}
N*K	1	0,0 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,26 ^{ns}	2,66 ^{ns}	3,30 ^{ns}	3,30 ^{ns}	2,87 ^{ns}
P*K	1	0,08 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,12 ^{ns}	7,26 ^{ns}	6,51 ^{ns}	8,28 ^{ns}	3,01 ^{ns}
N*P*K	1	1,81 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,26 ^{ns}
Resíduo	14	0,86	0,88	0,73	0,98	1,43	1,88	2,06	1,90 ^{ns}
CV (%)		13,41	7,33	5,07	4,95	5,60	6,32	6,53	6,11
Nitrogênio		Médias (mm)							
N ₁		6,51a	12,19a	16,39 b	19,34 b	20,81 b	21,06 b	21,30b	21,75 b
N ₂		6,82a	12,79b	17,32 a	20,75 a	22,01 a	22,38 a	22,63 a	23,39 a
DMS		0,81	0,82	0,75	0,86	1,04	1,20	1,28	1,21

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; GL - Grau de Liberdade; CV - Coeficiente de Variação; ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade; DMS: Diferença Mínima Significativa

Como apresentado na Tabela 16, os valores do diâmetro do caule das plantas adubadas com a maior dose de nitrogênio, foram superiores, ao longo do experimento,

indicando a superioridade sobre a dosagem N_1 de 4,76; 4,92; 5,67; 7,29; 5,76; 6,26; 6,24 e 7,54 %, nos respectivos DAS. Verificou-se que o desempenho do diâmetro ao longo do experimento cresceu rápido dos 20 aos 80 DAS, referente ao período de crescimento e florescimento. Posteriormente, no período correspondente à plena frutificação, dos 100 aos 160 DAS, o diâmetro caulinar cresceu de modo lento (Figura 6). Comportamento semelhante foi observado por Costa (2008) com a mamoneira cv BRS 188 Paraguaçu, pois verificou crescimento rápido até 75 DAS em função das diferentes densidades de solo e níveis de adubação orgânica.

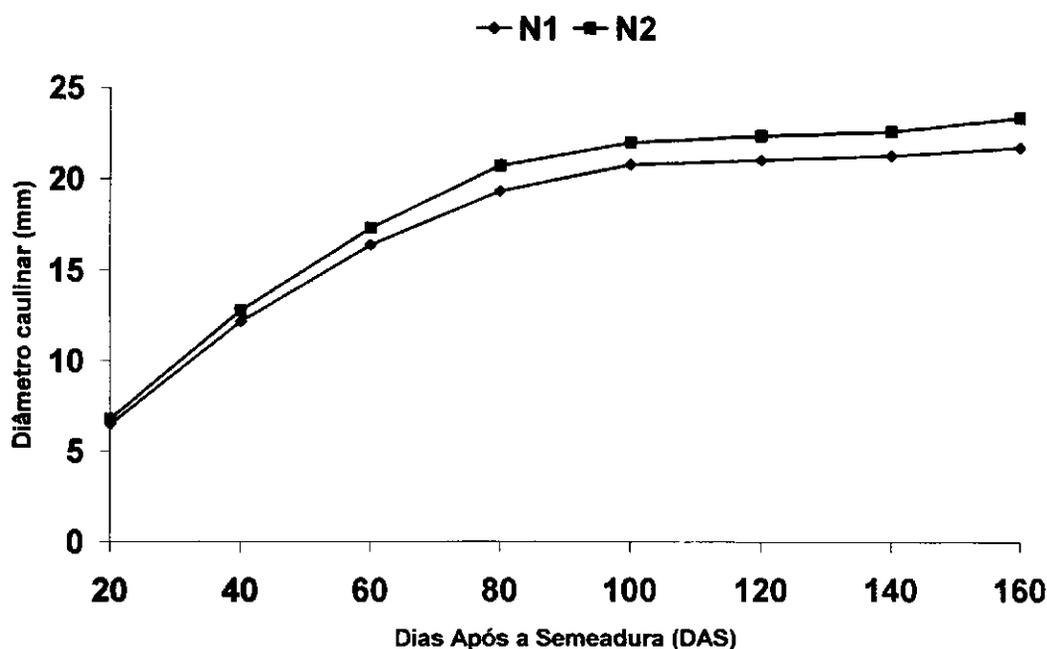


Figura 6. Evolução do diâmetro caulinar da mamoneira cv BRS 188 Paraguaçu ao longo do experimento, em função das doses de nitrogênio.

Os diâmetros caulinares obtidos na pesquisa foram inferiores aos 29,16 mm encontrados por Santos (2008) para a cultivar BR 188 Paraguaçu, adubada com 120 kg de sulfato de amônio. Comparando os diâmetros obtidos aos 160 DAS, que foram 21,75 e 23,39 mm para as doses de N_1 e N_2 , com aqueles obtidos por Diniz (2008), avaliando quatro tipos de poda na cultivar BRS 188 Paraguaçu, recebendo 60-40-20 kg ha^{-1} de N-P-K, um valor médio de 22,7 mm, observa-se que os valores registrados foram inferiores para a dose N_1 e superior para a dose N_2 .

Ribeiro et al. (2009) trabalhando com a mesma cultivar, utilizando 200:90:60; 40:150:60 e 40:90:150 kg ha^{-1} de N-P₂O₅-K₂O, avaliados aos 140 DAS, verificaram os seguintes diâmetros caulinar: 25,7; 20,3 e 18,9 mm, respectivamente. Ao comparar os resultados obtidos, aos 140 DAS, foram inferiores ao tratamento 200:90:60 kg ha^{-1} e

superiores aos demais tratamentos, mas de forma significativa. Portanto, o aumento das dosagens de nitrogênio, fósforo e potássio não foram suficientes para as plantas desenvolverem todo o seu potencial produtivo constatando-se, assim, conforme Malavolta et al. (1997) e Malavolta (2006), desequilíbrio nutricional.

c) Número de folhas

O número de folhas e as dimensões do aparelho fotossintético (área foliar) constituem importante componente morfofisiológico (RIBEIRO, 2008). Pelo resumo da análise de variância (Tabela 17) verifica-se que a adubação nitrogenada exerceu efeitos significativos sobre a emissão de folhas da cultivar BRS 188 Paraguaçu em todas as idades avaliadas. Quanto ao fósforo, os efeitos significativos foram registrados para as idades de 140 e 160 DAS; já as doses de potássio exerceu efeito significativo apenas aos 140 DAS e, finalmente, a interação referente às doses de nitrogênio x doses fósforo diferiu estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, apenas aos 160 DAS. Os resultados obtidos divergiram, em parte, dos estudos de Ribeiro (2008), por este autor ter constatado efeito significativo das doses de nitrogênio somente aos 40, 60 e 140 DAS; já, para as doses de fósforo apresentou diferenças significativas aos 20 e 120 DAS e as doses de potássio não diferiram estatisticamente sobre o número de folhas da mamona BRS 188 Paraguaçu.

Tabela 17. Resumos das análises de variância do número de folhas por planta da cultivar BRS Paraguaçu.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio						
		Dias após a semeadura						
		40	60	80	100	120	140	160
Bloco		1,16 ^{ns}	12,54 ^{ns}	12,50 ^{ns}	0,87 ^{ns}	5,04 ^{ns}	5,54 ^{ns}	52,66 ^{ns}
N		70,00**	126,04**	322,66**	198,37**	301,04**	80,6**	925**
P		0,37 ^{ns}	15,04 ^{ns}	20,16 ^{ns}	57,04 ^{ns}	22,04 ^{ns}	121**	210,04*
K		9,37 ^{ns}	30,37 ^{ns}	32,66 ^{ns}	15,04 ^{ns}	70,04 ^{ns}	66,6**	9,37 ^{ns}
N*P		5,04 ^{ns}	5,04 ^{ns}	4,16 ^{ns}	12,04 ^{ns}	15,04 ^{ns}	160 ^{ns}	187,0*
N*K		1,04 ^{ns}	12,04 ^{ns}	2,66 ^{ns}	5,04 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,66 ^{ns}	15,04 ^{ns}
P*K		2,04 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,16 ^{ns}	5,04 ^{ns}	9,37 ^{ns}	20,1 ^{ns}	45,37 ^{ns}
N*P*K		0,37 ^{ns}	2,04 ^{ns}	13,50 ^{ns}	15,04 ^{ns}	40,04 ^{ns}	8,16 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Resíduo		2,59	7,92	12,07	9,30	11,23	7,44	27,19
CV(%)		14,59	20,17	19,30	15,74	15,56	12,04	16,53

ns= não significativo; *= significativo ao nível de 1% de probabilidade; **= significativo ao nível de 1% de probabilidade

O número de folhas, ao longo do período experimental, com a dosagem N_2 sobressaiu a dosagem N_1 na ordem de 3,42; 5,5; 7,34; 5,75 e 7,08, equivalente a 36,65; 46,80; 51,22; 34,8 e 39,33%, avaliados aos 40, 60, 80, 100 e 120 DAS (Tabela 18).

Tabela 18. Número de folhas das plantas submetidas aos tratamentos com nitrogênio, aos 40, 60, 80, 100 e 120 dias após a semeadura.

Nitrogênio	Dias Após a Semeadura				
	40	60	80	100	120
200 kg ha ⁻¹	9,33 b	11,75 b	14,33 b	16,50 b	18,00 b
300 kg ha ⁻¹	12,75 a	17,25 a	21,67 a	22,25 a	25,08 a
DMS	1,41	2,51	2,92	3,51	3,71

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Feito o desdobramento da interação: doses nitrogênio x doses fósforo aos 160 DAS, com a combinação N-P₂O₅, encontrou-se que o tratamento N₂P₂ foi responsável por maiores ganhos no número de folhas/planta com valor médio de 43, 50, enquanto que o tratamento N₁P₁ proporcionou o menor número de folhas/planta com valor de 25,17. O aumento de 100 kg de N-P₂O₅ correspondeu a um incremento de 18,33 folhas (Tabela 19).

Tabela 19. Número de folhas das plantas submetidas aos tratamentos com nitrogênio e fósforo aos 160 dias após a semeadura.

Nitrogênio	Fósforo	
	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)
200 kg ha ⁻¹	25,17 b A	25,50 b A
300 kg ha ⁻¹	32,00 a B	43,50 a A

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Quando avaliado o número de folhas aos 140 DAS no desdobramento da interação nitrogênio x fósforo x potássio foi observado, na condição da combinação N-P₂O-K₂O, maior aporte naquelas plantas adubadas com N₂P₂K₂, com valor médio de 32,33 e menor aporte para os tratamentos N₁P₁K₁, N₂P₁K₁ e N₂P₁K₂ com valor médio de 19,67, equivalente a uma superioridade de 64,52% (Tabela, 20).

Tabela 20. Número de folhas das plantas submetidas aos tratamentos com nitrogênio, fósforo e potássio aos 140 dias após a semeadura.

Nitrogênio	Potássio			
	K ₁ (150 kg ha ⁻¹)		K ₂ (250 kg ha ⁻¹)	
	Fósforo		Fósforo	
	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)
200 kg ha ⁻¹	19,67 a A α	18,33 b A α	22,67 a A α	22,67 b A α
300 kg ha ⁻¹	19,67 a B α	26,33 a A α	19,67 a B α	32,33 a A β

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, maiúscula na linha e grega não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Os valores obtidos no presente trabalho foram inferiores as 144 folhas por planta registrada por Silva (2008) com a cultivar BRS 188 Paraguaçu adubada com 60:80:40 N-P₂O₅-K₂O. Também esses valores, na Tabela 20, foram inferiores aos obtidos por Beltrão et al. (2005), estudando a cultivar de mamoneira BRS 188 Paraguaçu, no município de Missão Velha-CE, quando obtiveram 23,82 folhas, com exceção dos tratamentos de N₂P₂K₁ e N₂P₂K₂ com 26,33 e 32,33 folhas, respectivamente, aos 140 DAS.

O número de folhas apresentou aumento contínuo em função do tempo (Figura 7, p.44), com uma superioridade da dosagem N₂. Porém, esse comportamento diferiu dos estudos de Ribeiro (2008), pois em seu trabalho demonstrou que o número de folhas da mesma cultivar aumentou até aos 60 DAS, independente dos tratamentos utilizados. Após esse período, o número de folhas estabilizou-se e/ou, em alguns casos, aumentou de forma mais lenta. O número de folhas obtidos no trabalho diverge de Rodrigues et al. (2006), que observaram diminuição progressiva no número de folhas da cultivar BRS-188 Paraguaçu, após os 90 DAS.

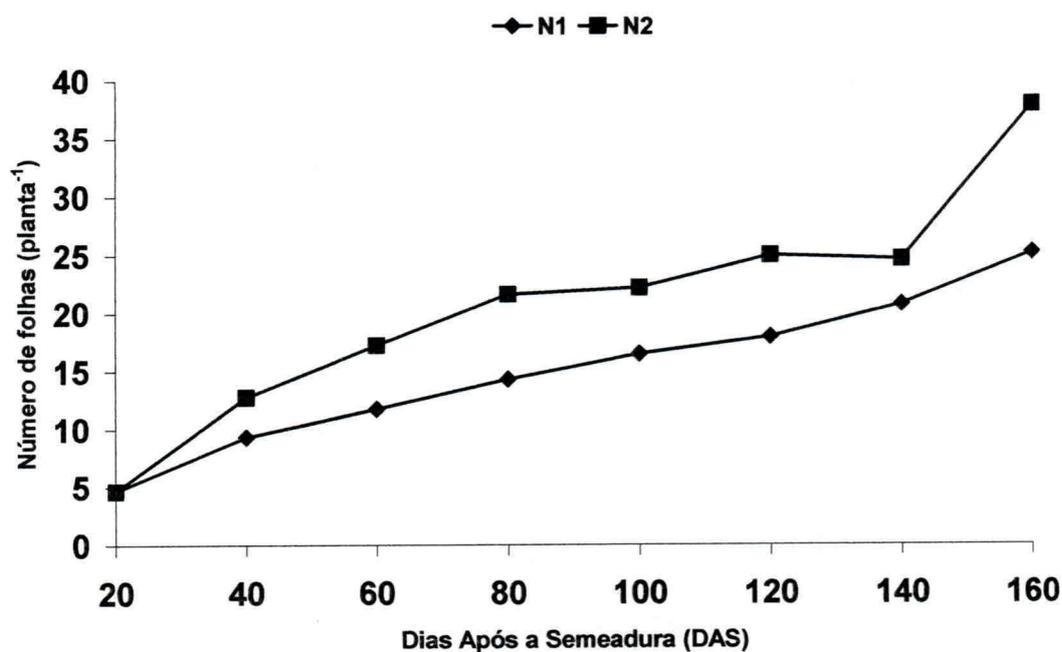


Figura 7. Evolução do número de folhas da mamoneira cv BRS 188 Paraguaçu ao longo do experimento, em função das doses de nitrogênio.

d) Área foliar

A área foliar de uma planta constitui sua matéria prima para fotossíntese e, como tal, é muito importante para a produção de carboidratos, lipídios e proteínas (SILVA, 2008). Ribeiro (2008), afirma que 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.

Os resultados de área foliar da cultivar BRS 188 Paraguaçu tiveram diferença significativa, em nível de 5% de probabilidade apenas para as doses de nitrogênio, ao longo do experimento (Tabela 21).

Tabela 21. Resumos das análises de variância e médias da área foliar da planta da cultivar BRS Paraguaçu.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio					
		Dias após a semeadura (DAS)					
		60	80	100	120	140	160
Bloco	2	20899 ^{ns}	1918283 ^{ns}	561948 ^{ns}	1172217 ^{ns}	660163 ^{ns}	80202 ^{ns}
N	1	61565 ^{ns}	953064**	501230**	9528170 ^{ns}	2249528*	3167935*
P	1	10513 ^{ns}	822725 ^{ns}	500894 ^{ns}	1363600 ^{ns}	152456 ^{ns}	2151129 ^{ns}
K	1	91836 ^{ns}	1083639 ^{ns}	8747 ^{ns}	293183 ^{ns}	1448411 ^{ns}	1435 ^{ns}
N*P	1	2905 ^{ns}	69086 ^{ns}	53657 ^{ns}	189655 ^{ns}	2216 ^{ns}	683957 ^{ns}
N*K	1	38959 ^{ns}	749172 ^{ns}	1078164 ^{ns}	280939 ^{ns}	1929954 ^{ns}	249879 ^{ns}
P*K	1	258 ^{ns}	1856528 ^{ns}	1643496 ^{ns}	3784791 ^{ns}	4262191 ^{ns}	305453 ^{ns}
N*P*K	1	8879 ^{ns}	1031906 ^{ns}	242977 ^{ns}	728030 ^{ns}	148274 ^{ns}	101683 ^{ns}
Resíduo	14	360227	447844	398823	620871	412558	995108
CV (%)		15,38	13,08	13,04	16,72	15,02	21,07
Nitrogênio		Médias (cm² planta⁻¹)					
N ₁		3394,8b	4162,10b	4387,83b	4082,33b	3969,50b	3586,33b
N ₂		4407,8a	5422,43a	5301,82a	5342,51a	4581,81a	5884,13a
DMS		525,52	585,96	552,95	689,94	562,40	873,46

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; GL= Grau de Liberdade; CV=Coefficiente de Variação; ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade, N₁= 200 kg/ha e N₂=300 kg/ha; DMS= Diferença Mínima Significativa.

A dosagem de nitrogênio igual a 300 kg ha⁻¹ resultou em maior área foliar das plantas, em todas as épocas de observações, com superioridade de 1012,96; 1260,33; 913,99; 1260,18; 612,31 e 2297,80 cm² em relação a N₁= 200 kg ha⁻¹ (Tabela 21).

A área foliar aumentou rápido dos 60 aos 80 DAS; posteriormente cresceu lentamente dos 80 aos 120 DAS, passando por decréscimo dos 120 aos 140 DAS e aos 160 DAS, para os níveis N₁ e N₂, respectivamente. Em seguida, aos 140 DAS, para o nível de N₁, houve aumento da área foliar até os 160 DAS (Figura 8). Estes resultados, em parte, são concordantes com Costa (2008) que, estudando diferentes doses de torta na adubação da cv Paraguaçu, observou que a área foliar foi crescente, de acordo com os níveis de adubos adicionados ao solo até os 75 DAS.

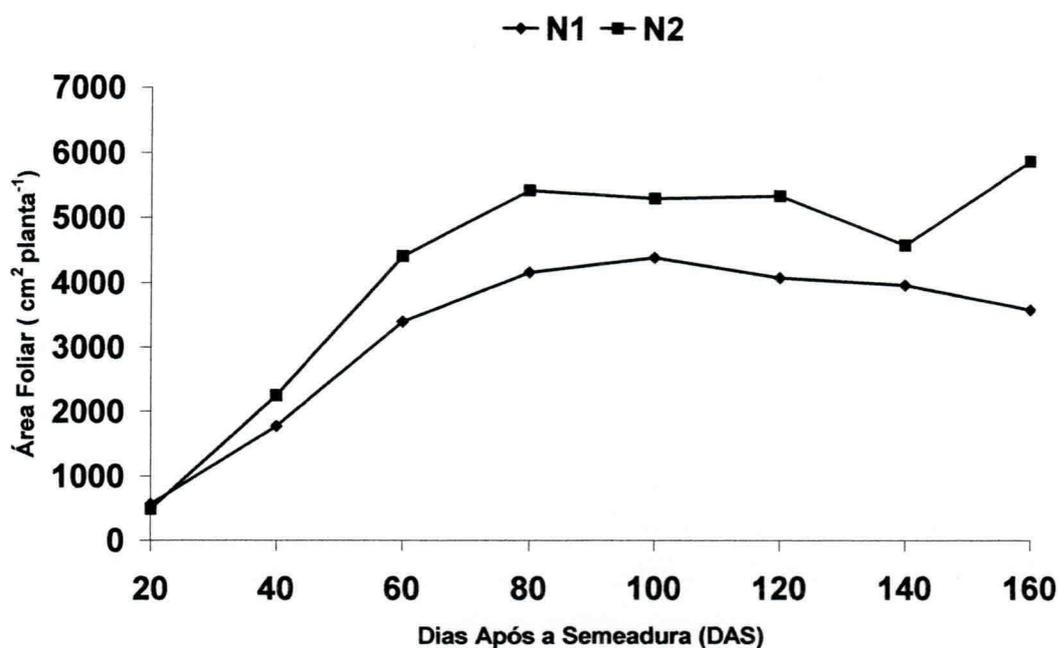


Figura 8 – Evolução da área foliar da mamoneira cv BRS Paraguaçu ao longo do experimento, em função das doses de nitrogênio.

Os valores obtidos foram superiores aos 1050, 2110, 2512 e 2750 cm² apresentados por Costa (2008) com a mesma cultivar, avaliados aos 30, 45, 60 e 75 DAS, utilizando níveis crescente de densidade do solo (1,4; 1,6; 1,8 e 2 g/cm³) e inferiores aos 8.066; 10.325,9; 12587,7 e 14.845 cm² obtidos por Lacerda et al. (2009) aos 140 DAS, utilizando 70, 80 90 e 100% de água disponível na mesma cultivar.

O trabalho realizado por Silva (2008), com a cultivar de mamona BRS 188 Paraguaçu aos 60, 80, 100, 120, 140 e 160 DAS, nas condições agroecológicas do Recôncavo Baiano, utilizando 60-80-40 kg ha⁻¹ de N-P-K, obteve os seguintes resultados de área foliar: 13.749; 28.366; 44.692; 57.080; 61.346 e 56.903 cm², respectivamente. Ao comparar tais resultados obtidos pela pesquisa com aqueles apresentados pelo referido autor, verificou-se que todos os valores de área foliar foram excessivamente inferiores.

Pesquisa conduzida por Ribeiro et al. (2009), testando as doses crescentes de N-P₂O₅-K₂O de forma isolada com a mesma cultivar, foram constatados os seguintes valores de área foliar, referente aos tratamentos: 200:90:60 kg ha⁻¹; 40:150:60 kg ha⁻¹ e 40:90:150 kg ha⁻¹, avaliados aos 140 DAS: 2142,81; 1415,04 e 1650,41 cm². Ao comparar os resultados obtidos por esta pesquisa aos 140 DAS, teve uma superioridade na ordem de 90,51; 149,32%, 188,49; 277,55% e 147,35; 223,71%, respectivamente, referente às dosagens N₁ e N₂.

4.3. Fitomassa seca da cultivar BRS 149 Nordestina

De acordo com os resultados observados, as doses de nitrogênio tiveram efeito significativa, em nível de 1% de probabilidade, para as variáveis Matéria Seca de Folhas (MSF), Matéria Seca do Caule (MSC), Matéria Seca de Cachos (MSCa) e Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA), Matéria Seca das Raízes (MSR) e Relação Raiz Parte Área (RRPA) (Tabela 22), corroborando com Araujo et al. (2009b) que mostraram efeito significativo de apenas doses de N (40; 80; 120; 160 e 200 kg ha⁻¹) na fitomassa da BRS 145 Nordestina.

Tabela 22. Análises de variância referentes à Matéria Seca de Folhas (MSF), do Caule (MSC), dos Cachos (MSCa), da Parte Aérea (MSPA), das Raízes (MSR), Total (MST) e Relação Raiz Parte a Aérea (RRPA), da cultivar de BRS 149 Nordestina.

Fonte de variação	G L	QUADRADO MÉDIO						
		MSF	MSC	MSCa	MSPA	MSR	MST	RRPA
Bloco	2	128,00 ^{ns}	153,79 ^{ns}	32,32 ^{ns}	615,11 ^{ns}	31,61 ^{ns}	697 ^{ns}	0,001 ^{ns}
N	1	9589**	1122**	1461**	28783**	9923**	72508**	0,055**
P	1	46,17 ^{ns}	62,33 ^{ns}	2,84 ^{ns}	268,2 ^{ns}	6,22 ^{ns}	356 ^{ns}	0,001 ^{ns}
K	1	21,45 ^{ns}	50,92 ^{ns}	246,01 ^{ns}	15,34 ^{ns}	228,78 ^{ns}	362 ^{ns}	0,008 ^{ns}
N*P	1	111,4 ^{ns}	457,4 ^{ns}	30,10 ^{ns}	28,57 ^{ns}	736,59 ^{ns}	1055 ^{ns}	0,011 ^{ns}
N*K	1	14,36 ^{ns}	8,52 ^{ns}	876,28*	1318,5*	3,65 ^{ns}	1183 ^{ns}	0,002 ^{ns}
P*K	1	269,00*	89,47 ^{ns}	461,65 ^{ns}	19,13 ^{ns}	693,80*	943 ^{ns}	0,006 ^{ns}
N*P*K	1	80,55 ^{ns}	71,00 ^{ns}	21,50 ^{ns}	26,90 ^{ns}	1794,7 ^{ns}	2261*	0,033**
Resíduo	14	45,70	125,61	109,61	207,65	91,59	351	0,002
CV (%)		7,55	21,55	16,75	7,06	14,92	6,99	17,55

ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade

As interações de nitrogênio x potássio, de fósforo x potássio e de nitrogênio x fósforo x potássio influenciaram significativamente os efeitos da MSCa e MSPA, da MSF e MSR e da RRPA, respectivamente. Os coeficientes de variação foram considerados adequados para todas as variáveis, indicando uma boa precisão experimental (FERREIRA, 2000). Lima (2006) afirma que pode ser difícil classificar um coeficiente de variação como baixo, médio, alto ou muito alto, tal classificação pode ser extremamente útil na comparação de duas ou mais variáveis.

As folhas são responsáveis pela produção da fitomassa nas plantas e, de modo geral, estão correlacionadas com a produtividade final de grãos e sementes das espécies. Na avaliação da significância, ao comparar as doses de nitrogênio com as doses de fósforo e de potássio, houve efeito estatístico nos tratamentos (N₁P₁K₁, N₂P₁K₁), (N₁P₂K₁,

$N_2P_2K_1$), ($N_1P_1K_2$, $N_2P_1K_2$) e ($N_1P_2K_2$, $N_2P_2K_2$). Já comparando as doses de fósforo com as doses de nitrogênio e de potássio houve diferença estatística nos tratamentos ($N_2P_1K_1$, $N_2P_2K_1$) e, por fim, fazendo a comparação entre as doses de potássio com as doses de nitrogênio e de fósforo, verificou-se efeito estatístico entre os tratamentos $N_2P_2K_1$ e $N_2P_2K_2$ (Tabela 23).

As plantas oriundas do tratamento $N_2P_2K_2$ (300-250-250 kg ha⁻¹) apresentaram maior conteúdo de MSF no valor de 110,98 gramas, ocorrendo o oposto no tratamento $N_1P_1K_2$ (200-150-250 kg ha⁻¹) com menor valor de 65,54 gramas (Tabela 23). Estes valores foram bem menores do que aos 379 g planta⁻¹ registrados por Silva (2008), com a cultivar BRS 145 Nordestina, adubada com 60:80:40 kg ha⁻¹ aos 145 DAS. Da mesma forma, Araújo (2010), com a dose de 200 kg ha⁻¹ de N aos 140 DAS, observou a massa maior das folhas, correspondente aos 92,02 gramas. Xavier, (2007) ao pesquisar a mesma cultivar, utilizando águas residuárias com 100% de água disponível no solo, aos 135 DAP, obteve 83,45 g de matéria seca das folhas mostrando este valor superior aos dos tratamentos $N_1P_1K_1$, $N_1P_2K_1$, $N_1P_1K_2$ e $N_1P_2K_2$ com valores de 72,01; 70,51; 65,54 e 70,10 g, respectivamente, e o valor inferior aos dos tratamentos $N_2P_1K_1$, $N_2P_2K_1$, $N_2P_1K_2$ e $N_2P_2K_2$ com valores de 118,41; 99,14; 109,53 e 110,98 g, respectivamente.

Tabela 23. Matéria Seca das Folhas (g planta⁻¹) da cultivar BRS 149 Nordestina, em condições de casa de vegetação.

Nitrogênio	Potássio			
	K ₁ (150 kg ha ⁻¹)		K ₂ (250 kg ha ⁻¹)	
	Fósforo		Fósforo	
	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)
200 kg ha ⁻¹	72,01 b A α	70,51 b A α	65,54 b A α	70,10 b A α
300 kg ha ⁻¹	118,41 a Aα	99,14 a B α	109,53 a A α	110,98 a A β

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, maiúscula na linha (fósforo em cada nível de nitrogênio e potássio) e grega (potássio em cada nível de nitrogênio e fósforo) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Em relação às doses de nitrogênio, observou-se que a dose de 300 kg ha⁻¹ (58,80 g planta⁻¹) provocou um aumento de 23,26% na MSC em relação à dose de 200 kg ha⁻¹ (45,12 g planta⁻¹) (Figura 9). Araújo (2010), com a dose de 200 kg ha⁻¹ de N, encontrou a MSC igual a 44,15 gramas. Os dados encontrados foram inferiores aos 840 g planta⁻¹ e 833 g planta⁻¹ de Matéria Seca do Caule encontrados, respectivamente, por Beltrão et al. (2005) e Silva (2008), com a cultivar Nordestina.

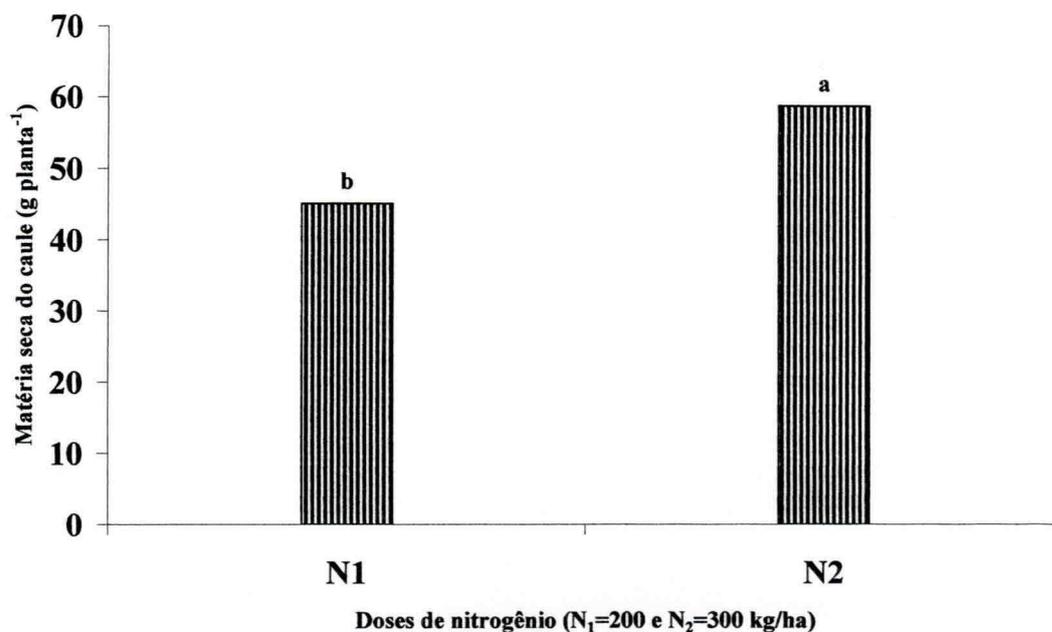


Figura 9. Massa seca do caule/planta em função das doses de nitrogênio ($N_1=200$ e $N_2=300$ kg ha⁻¹) aos 203 dias após o plantio. (Médias com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey).

Na comparação entre os tratamentos estudados, observou-se na Tabela 24 que a maior massa do cacho/planta, 79,57 g, ocorreu com o tratamento N_2K_2 ; já a menor massa do cacho/planta de 51,88 g, foi obtida no tratamento N_1K_2 com uma diferença de 27,69 g. A diferença estatística entre os tratamentos foi constatada das doses de nitrogênio em combinação com a dosagem K_2 e das doses de potássio na combinação com a dose N_2 . Os dados encontrados foram inferiores aos 1101 g planta⁻¹, aos 240 DAS, observados por Silva (2008) e aos 384,38 g planta⁻¹ de matéria do cacho/planta encontrado por Beltrão et al. (2005), com a cultivar Nordestina, em condições de sequeiro no município de Missão Velha, CE adubada com fórmula 15-60-30 (NPK) e fertilização de cobertura de 40 kg/ha de N.

Tabela 24. Matéria seca do cacho (g planta⁻¹) da cultivar BRS 149 Nordestina, em condições de casa de vegetação.

Nitrogênio	Potássio	
	$K_1(150$ kg ha ⁻¹)	$K_2(250$ kg ha ⁻¹)
200 kg ha ⁻¹	57,56 a A	51,88 b A
300 kg ha ⁻¹	61,08 a B	79,57 a A

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Analisando a Tabela 25 verifica-se que, ao comparar as doses de nitrogênio em combinação com as doses de potássio K_1 e K_2 e as doses de potássio com a dosagem N_2 , ocorreram diferença significativa sobre a MSPA. Pelos resultados encontrados nota-se a maior MSPA de 246,85 g para o tratamento N_2K_2 e menor valor de 162,76 g para o tratamento N_1K_2 , ou seja, uma superioridade de 65,93%. Os valores encontrados foram superiores a 20,0 g planta⁻¹, registrado como média geral por Oliveira et al. (2009), aos 65 DAP com a cultivar BRS Nordestina, utilizando cinco teores de matéria orgânica a partir de duas fontes, esterco bovino e ovino.

Lacerda et al. (2009) com a mesma cultivar sob diferentes lâminas de irrigação (70; 80, 90 e 100 água disponível AD), obtiveram os seguintes valores de fitomassa da parte aérea 203,67; 386,07; 568,47 e 750,87g, respectivamente. Comparativamente com os resultados obtidos observa-se que os tratamentos N_2K_1 e N_2K_2 foram superiores à lâmina de irrigação 70% de água disponível (AD), por outro lado, foram inferiores, independentemente do tratamento, aos utilizados pelos referidos autores. Entretanto, foram inferiores aos 254,3 g planta⁻¹ apresentados por Araújo et al. (2009 b) com a mesma cultivar, utilizando 200-90-60 NPK ha⁻¹.

Tabela 25. Matéria Seca da Parte Aérea (g planta⁻¹) da cultivar BRS 149 Nordestina, em condições de casa de vegetação.

Nitrogênio	Potássio	
	$K_1(150 \text{ kg ha}^{-1})$	$K_2(250 \text{ kg ha}^{-1})$
200 kg ha ⁻¹	175,99 b A	162,76 b A
300 kg ha ⁻¹	230,42 a B	246,85 a A

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

De acordo com o efeito da interação entre as doses de nitrogênio x fósforo x potássio sobre a Matéria Seca das Raízes (MSR), o maior, 106,24 g planta⁻¹ e o menor, 37,56 g planta⁻¹, valores observados corresponderam aos tratamentos $N_2P_2K_2$ e $N_1P_2K_1$, respectivamente (Tabela 26). Os resultados mostram que aumentando 100 kg de nitrogênio e potássio se obtém um incremento de Matéria Seca das Raízes na ordem de 68,68 g planta⁻¹, equivalente a uma superioridade de 182,85%. Nota-se que os maiores pesos de Matéria Seca das Raízes ocorreram com dose de nitrogênio ($N_2= 300 \text{ kg/ha}$). Araújo et al. (2009 b) obtiveram 54,46 g planta⁻¹ aos 140 DAS com a mesma cultivar, adubando as plantas com 200-90-60 NPK ha⁻¹. Comparativamente com estes autores, os valores foram inferiores nos tratamentos $N_1P_1K_1$, $N_1P_2K_1$ e $N_1P_2K_2$.

Tabela 26. Matéria Seca das Raízes (g planta⁻¹) da cultivar BRS 149 Nordestina, em condições de casa de vegetação.

Nitrogênio	Potássio			
	K ₁ (150 kg ha ⁻¹)		K ₂ (250 kg ha ⁻¹)	
	Fósforo		Fósforo	
	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)
200 kg ha ⁻¹	43,12 b A α	37,56 b A α	56,62 a A α	37,98 b B α
300 kg ha ⁻¹	90,78 a A α	72,80 a B α	68,13 a B β	106,24 a A β

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, maiúscula na linha e grega não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Ao se verificar o desdobramento da interação doses nitrogênio x doses de fósforo x doses de potássio, constatou-se efeito das doses nitrogênio quando combinadas com os tratamentos P₁K₁, P₂K₁, P₁K₂ e P₂K₂. Quanto às doses de fósforo e potássio, verificou-se diferença estatística apenas nos tratamentos N₂K₂ e N₂P₂ (Tabela 27).

Tabela 27. Matéria Seca Total (g planta⁻¹) da cultivar BRS 149 Nordestina, em condições de casa de vegetação.

Nitrogênio	Potássio			
	K ₁ (150 kg ha ⁻¹)		K ₂ (250 kg ha ⁻¹)	
	Fósforo		Fósforo	
	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)
200 kg ha ⁻¹	223,37 b A α	209,28 b A α	223,98 b A α	196,14 b A α
300 kg ha ⁻¹	325,41 a A α	299,02 a A α	315,28 a B α	352,79 a A β

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, maiúscula na linha e grega não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

As plantas adubadas com o tratamento N₂P₂K₂ apresentaram um maior valor médio na ordem de 353,79 g de Matéria Seca Total com uma superioridade de 79,86; 68,57; 57,93; 57,50; 17,98; 11,89 e 8,41% para os tratamentos N₁P₂K₂; N₁P₂K₁; N₁P₁K₁; N₁P₁K₂; N₂P₂K₁; N₂P₁K₂ e N₂P₁K₁, correspondentes aos valores de 196,14; 209,28; 223,37; 223,98; 299,02; 315,28 e 325,41 gramas, respectivamente (Tabela 27). Os resultados obtidos foram inferiores aos 717 g computados por Silva (2008) com BRS Nordestina, em condições de campo, utilizando 60-80-40 kg ha⁻¹ N-P₂O₅-K₂O.

Pesquisas realizadas por Araújo et al. (2009 a), com a mesma cultivar, testando doses crescentes de nitrogênio (40, 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹), obtiveram os valores médios de Matéria Seca Total g planta⁻¹ na ordem de 185,68; 216,48; 247,28; 278,07 e 308,87. Ao comparar os valores obtidos na pesquisa com os dos referidos autores, referente a 40 kg ha⁻¹, verifica-se que todos os tratamentos foram superiores; já para a dose 80 kg ha⁻¹ foram superiores para os tratamentos estudados, exceto nos tratamentos

$N_1P_2K_1$ e $N_1P_2K_2$. Quanto aos 120 e 160 kg ha⁻¹, foram superiores para os tratamentos $N_2P_1K_1$, $N_2P_2K_1$, $N_2P_1K_2$ e $N_2P_2K_2$ e inferiores para os tratamentos $N_1P_1K_1$, $N_1P_1K_2$, $N_1P_1K_2$ e $N_1P_2K_2$. Para os 200 kg ha⁻¹ foram superiores para os tratamentos $N_2P_1K_1$, $N_2P_1K_2$ e $N_2P_2K_2$ e inferiores para os tratamentos $N_1P_1K_1$, $N_1P_1K_2$, $N_1P_1K_2$, $N_1P_2K_2$ e $N_2P_2K_1$.

Trabalhos conduzidos por Silva et al. (2007) com o híbrido Sara utilizando doses crescente de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) obtiveram os seguintes resultados de Matéria Seca Total g planta⁻¹ 191,64; 363,65; 280,23 e 281,68 gramas. Ao comparar os resultados obtidos na pesquisa com os dos referidos autores, observa-se que, para a testemunha (0 kg ha⁻¹), todos os tratamentos foram superiores; para aplicação de 30 kg ha⁻¹, todos os tratamentos foram inferiores; para as quantidades de 90 e 120 kg ha⁻¹, foram superiores em relação aos tratamentos $N_2P_1K_1$, $N_2P_2K_1$, $N_2P_1K_2$ e $N_2P_2K_2$ e inferiores aos tratamentos $N_1P_1K_1$ e $N_1P_1K_2$, $N_1P_1K_2$ e $N_1P_2K_2$.

A relação entre Matéria Seca da Raiz e Matéria Seca da Parte Aérea expressa um balanço funcional entre a taxa fotossintética e a absorção de água pelas raízes que, em condições tidas como normais, apresenta certo equilíbrio (TAIZ e ZEIGER, 2004). Na determinação da Relação Matéria Seca das Raízes e Matéria Seca da Parte Aérea foi constatado efeito significativo para a interação de doses de nitrogênio x fósforo x potássio. Quando avaliadas as doses de nitrogênio, observou-se efeito estatístico nos tratamentos P_1K_1 e P_2K_2 ; com relação às doses de fósforo, houve diferença estatística nos tratamentos N_1K_2 e N_2K_2 ; e, com as doses de potássio, verificou-se efeito estatístico nos tratamentos N_1P_1 e N_2P_2 (Tabela 28). O menor e maior valor encontrado para a Relação Raiz Parte Aérea corresponderam a 0,22 e 0,43 para os tratamentos $N_1P_2K_1$ e $N_2P_2K_2$, respectivamente, ou seja, ocorreu uma superioridade de 95% entre esses valores.

Tabela 28. Relação Matéria Seca Raiz e Matéria Seca Parte Aérea (g g⁻¹) da cultivar BRS 149 Nordestina, em condições de casa de vegetação.

Nitrogênio	Potássio			
	K ₁ (150 kg ha ⁻¹)		K ₂ (250 kg ha ⁻¹)	
	Fósforo		Fósforo	
	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)
200 kg ha ⁻¹	0,24 b A α	0,22 a A α	0,34 a A β	0,24 b B α
300 kg ha ⁻¹	0,39 a A α	0,31 a A α	0,30 a B α	0,43 a A β

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.4. Fitomassa seca da cultivar BRS 189 Paraguaçu

Os valores das Matérias Secas das Folhas, do Caule, dos Cachos, da Parte Aérea, da Raiz, do Total e da Relação Raiz Parte Aérea foram significativamente diferentes entre as doses de nitrogênio (Tabela 29).

Tabela 29. Quadrados médios das características Matéria Seca de Folhas (MSF), Matéria Seca do Caule (MSC), Matéria Seca de Cachos (MSCa) e Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA), Matéria Seca das Raízes (MSR), Matéria Seca Total (MST) e Relação Raiz Parte a Aérea (RRPA) da cultivar de BRS 188 Paraguaçu.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio						
		MSF	MSC	MSCa	MSPA	MSR	MST	RRPA
Bloco	2	17,9 ^{ns}	12,70 ^{ns}	171,2 ^{ns}	217,65 ^{ns}	521,7 ^{ns}	98 ^{ns}	0,013 ^{ns}
N	1	9827**	864**	1201**	26225**	3709**	49661**	0,013**
P	1	0,06 ^{ns}	8,6 ^{ns}	44,2 ^{ns}	73,9 ^{ns}	15,1 ^{ns}	156 ^{ns}	0,0009 ^{ns}
K	1	0,8 ^{ns}	21,8 ^{ns}	9,1 ^{ns}	30,6 ^{ns}	635,4*	945 ^{ns}	0,008*
N*P	1	38,2 ^{ns}	38,5 ^{ns}	36,5 ^{ns}	52,8 ^{ns}	46,4 ^{ns}	198 ^{ns}	0,000 ^{ns}
N*K	1	42,7 ^{ns}	58,2 ^{ns}	140,9 ^{ns}	137,3 ^{ns}	316,6 ^{ns}	871 ^{ns}	0,001 ^{ns}
P*K	1	10,4 ^{ns}	208,7*	14,5 ^{ns}	410,0 ^{ns}	96,1 ^{ns}	109 ^{ns}	0,003 ^{ns}
N*P*K	1	36,3 ^{ns}	0,6 ^{ns}	236,0 ^{ns}	129,6 ^{ns}	214,2 ^{ns}	677 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Resíduo	14	58,7	38,1	123,5	314,4	73,8	300	0,001
CV (%)		8,29	17,41	11,41	8,38	16,82	6,60	17,51

ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade.

Os tratamentos correspondentes às doses de potássio produziram efeito significativo para Matéria Seca de Raiz (MSR) e Relação Raiz Parte Aérea (RRPA), porém as doses de fósforo não tiveram efeito significativo na fitomassa. No caso das interações, somente aquela relacionada às doses de fósforo x doses de potássio foram significativas na Matéria Seca do Caule (MSC). Os resultados corroboram, em parte, com Ribeiro (2008) que, ao estudou a mesma cultivar, aplicando de forma isolada cinco doses de nitrogênio (40; 80; 120; 160 e 200 kg ha⁻¹), mostrou efeito significativo das doses sobre a Matéria Seca da Parte Aérea, a Matéria Seca Total e a Relação Raiz/Parte Aérea, porém, não encontrou este efeito sobre o peso das raízes. Como também concorda com Costa (2008), avaliando 4 doses de torta de mamona (0, 2, 4, 6 t ha⁻¹) detectou efeito significativo sobre o acúmulo de peso Matéria Seca da Parte Aérea, de Raiz e Comprimento de Raiz das plantas de mamoneira BRS Paraguaçu.

De acordo com a Tabela 29, os coeficientes de variação foram de 8,29% (MSF), 17,41% (MSC), 11,41% (MSCa), 8,38% (MST), 16,82% (MSR) e 17,51% (RRPA).

Segundo Santos et al (2008), o coeficiente de variação pode ser considerado baixo quando o CV < 10%; médio, quando CV estiver entre 10-20%; e alto, quando o CV > 20% ≤ 30%; e muito alto, quando o CV > 30%. Numa comparação com o Coeficiente de Variação obtido (CV) no trabalho, observa-se para MSF é considerado baixo e para as demais variáveis da fitomassa está na faixa médio, indicando uma boa precisão na condução do experimento. Os Coeficientes de Variação obtidos foram inferiores aos registrados por Silva (2008), trabalhando com a cultivar de mamona BRS 188 Paraguaçu, nas condições agroecológicas do Recôncavo Baiano, que obtiveram coeficientes de variação de 46,8% (MSF), 31,0% (MSH), 42,7% (MSC) e 27,1% (MST).

Do mesmo modo, tais coeficientes foram inferiores aos computados por Beltrão et al. (2005), em um trabalho com partição de assimilados em mamoneira, pois obtiveram coeficientes de variação de 28% para a característica Matéria Seca do Caule e Ramos, 54% para o peso da matéria seca de folhas; e 33% no peso de Matéria Seca de Racemos e Cascas. Vale salientar que, em estudos com a cultura da mamoneira, os coeficientes de variação encontrados assumem valores altos, isso devido, possivelmente, à intensa variação encontrada nas plantas dentro de um mesmo cultivar.

As plantas são constituídas, predominantemente, por carboidratos, responsáveis por 60% ou mais, da matéria seca vegetal. Os carboidratos produzidos pela assimilação do CO₂ devem ser distribuídos por toda a planta, de forma sistemática, mas flexível, com o objetivo de suprir as necessidades dos órgãos do vegetal (SOARES et al., 2005). Portanto, as folhas são responsáveis diretos pela produção da fitomassa nas plantas e, de modo geral, estão correlacionadas à produtividade final de grãos e sementes das espécies.

Os valores máximos de matéria seca de folhas variaram de acordo com as doses de nitrogênio utilizadas, sendo 112,74 e 72,27 g planta⁻¹ para as doses de N₂ e N₁ (300 e 200 kg ha⁻¹), respectivamente. Portanto, um aumento de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio proporcionou um incremento 40,47 g planta⁻¹ de matéria seca, equivalente a uma superioridade de 55,99% (Tabela 30). Os resultados obtidos foram inferiores aos 330 g planta⁻¹ obtido por Silva (2008), com a cultivar de mamona BRS 188 Paraguaçu, nas condições agroecológicas do Recôncavo Baiano, adubando um Latossolo Amarelo Álico com 60-80-40 kg ha⁻¹ de N-P-K .

Tabela 30. Valores médios (g planta^{-1}) de Matéria Seca das Folhas (MSF), Matéria Seca do Caule (MSCa), Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) e Matéria Seca Total (MST) em função das doses de nitrogênio.

Variáveis	MSF	MSCa	MSPA	MST
N ₁ (200 kg/ha)	72,27 b	58,28 b	178,67	217,32 b
N ₂ (300 kg/ha)	112,74 a	72,43 a	244,78	308,29 a
CV (%)	8,29	17,01	8,38	6,99
DMS	6,75	9,73	15,52	6,31

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey, CV= Coeficiente de Variação, DMS= Diferença Mínima Significativa.

Ao verificar o desdobramento da interação doses de nitrogênio x doses de fósforo x doses de potássio, constatou-se efeito das doses de nitrogênio dentro dos tratamentos P₂K₁, P₁K₂ e P₂K₂ com superioridade da matéria seca do caule nas plantas adubadas com a dosagem N₂ (300 kg ha⁻¹). Diferença estatística também foi verificada nas doses de fósforo em combinação com o tratamento N₂P₂ com superioridade nas plantas adubadas com a dosagem P₂ (250 kg ha⁻¹). Entretanto, as doses de potássio não foram influenciadas estatisticamente (Tabela 31).

As maiores doses dos insumos utilizados, correspondente ao tratamento N₂P₂K₂ (250-250-300 kg ha⁻¹) proporcionaram o maior valor da matéria seca do caule de 67,28 g planta⁻¹, enquanto que o tratamento N₁P₂K₁ (200-250-150 kg ha⁻¹) foi responsável pelo menor peso de Matéria Seca do Caule na ordem de 44,94 g planta⁻¹ (Tabela 31). Esses resultados foram inferiores aos 76,43 g planta⁻¹ registrados por Silva (2007) em mamoneira cultivar Savana. Como também foram inferiores aos 1121 g plantas⁻¹ registrado por Silva (2008), ao adubar as plantas com 60-80-40 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O com a mesma cultivar, em condições de campo.

Tabela 31. Matéria Seca do Caule (g planta^{-1}) da cultivar BRS 188 Paraguaçu, em condições de casa de vegetação.

Nitrogênio	Potássio			
	K ₁ (150 kg ha ⁻¹)		K ₂ (250 kg ha ⁻¹)	
	Fósforo		Fósforo	
	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)
200 kg ha ⁻¹	52,50 a A α	44,94 b A α	45,07 b A α	49,96 b A α
300 kg ha ⁻¹	58,52 a A α	56,69 a A α	57,98 a B α	67,28 a A α

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, maiúscula na linha e grega não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O valor máximo da Matéria Seca de Cachos correspondeu à dose de nitrogênio N₂ (300 kg ha⁻¹) na ordem de 72,43 g planta⁻¹. Entretanto, a dose de nitrogênio N₁ (200 kg

ha⁻¹) correspondeu ao menor valor médio na ordem de 58,28 g planta⁻¹ (Tabela 30). Analisando a amplitude dos valores, observou-se que, aumentando 1 kg ha⁻¹ de nitrogênio, representou um incremento de 0,14 g de Matéria Seca do Cacho planta⁻¹. Mesmo utilizando doses maiores de insumos, os valores encontrados foram inferiores aos 875 g planta⁻¹ registrado por Silva (2008) nas condições agroecológicas do Recôncavo Baiano, utilizando 60-80-40 kg ha⁻¹ de N-P-K em plantio de campo.

A média da Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) foi maior nas plantas adubadas com a dose de nitrogênio N₂ (300 kg ha⁻¹) em comparação com as plantas adubadas com a dose de nitrogênio N₁ (200 kg ha⁻¹). A Matéria Seca da Parte Aérea para a menor e maior doses de nitrogênio (N₁ = 200 e N₂ = 300 kg ha⁻¹) foram na ordem de 178,67 e 244,78 g planta⁻¹, respectivamente (Tabela 30). A cada incremento de 1 kg ha⁻¹ de nitrogênio houve um aumento na ordem de 0,66 g planta⁻¹ na matéria seca da parte aérea das plantas, cujo resultado é semelhante ao obtido por Ribeiro (2008). Esse autor observou incrementos progressivos na matéria seca da parte aérea à medida que se aumentou a dose de nitrogênio. Esses resultados mostram que o nitrogênio é uma excelente fonte de nutrientes e proporciona aumento no crescimento das plantas de mamoneira, consequentemente na fitomassa.

Os valores relativos à MSC encontrados no presente trabalho, foram inferiores aos 1556,67 g planta⁻¹ obtidos por Silva (2008) com a cultivar BRS 188 Paraguaçu nas condições agroecológicas do Recôncavo Baiano, utilizando 60-80-40 kg ha⁻¹ de N-P-K em plantio no campo. Entretanto, a MSC obtida na pesquisa foram superiores aos 34,04; 42,66; 51,29 e 59,93 g planta⁻¹ de Matéria Seca da Parte Aérea obtidos por Costa (2008) com a mesma cultivar, utilizando doses de torta (0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹) aos 135 DAS.

Ribeiro (2008) com a mesma cultivar, testando doses crescentes de nitrogênio (40; 80; 120; 160 e 200 kg ha⁻¹) obteve os seguintes valores médios na Matéria Seca da Parte Aérea planta: 96,37; 122,16; 176,89; 159,50 e 229,10. Ao comparar a dose de 200 kg ha⁻¹ com a mesma dose do referido autor, observa-se uma inferioridade na ordem de 28,22%. Por outro lado, ao confrontar a dosagem de N₂ (300 kg ha⁻¹), verifica-se uma superioridade na ordem de 154,00; 100,00; 38,37; 53,46 e 6,84%, equivalentes aos tratamentos 40, 80, 120, 160 e (200 kg ha⁻¹). Vale salientar que, mesmo utilizadas as doses maiores de nitrogênio, fósforo e potássio, os aumentos na Matéria Seca da Parte Aérea foram insignificantes.

O maior valor médio da Matéria Seca da Raiz para a interação doses de nitrogênio versus doses de potássio ocorreu no tratamento N₂K₂ (300 e 250 kg ha⁻¹) correspondente

a 72,29 g planta⁻¹ e superou em 94,6; 80 e 32%, os tratamentos N₁K₁, N₁K₂ e N₂K₁, correspondentes aos valores de 37,13; 40,16 e 54,73 g g⁻¹, respectivamente (Tabela 32). Os resultados foram superiores aos 7,74; 9,56; 11,38 e 13,19 g planta⁻¹ obtidos por Costa (2008) com a mesma cultivar, testando doses crescente de torta (0, 2, 4, e 6 t ha⁻¹). Ribeiro (2008) com a cv Paraguaçu obteve 53,56 g de Matéria Seca de Raiz por planta, adubando com 200-90-60 N-P₂O₅-K₂O. Comparativamente os valores foram superiores para o tratamento N₂K₂ e inferiores para os tratamentos N₁K₁, N₁K₂ e N₂K₁.

Tabela 32. Matéria Seca das Raízes (g planta⁻¹) da cultivar BRS 89 Paraguaçu, em condições de casa de vegetação.

Nitrogênio	Potássio	
	K ₁ (150 kg ha ⁻¹)	K ₂ (250 kg ha ⁻¹)
200 kg ha ⁻¹	37,13 b A	40,16 b A
300 kg ha ⁻¹	54,73 a B	72,29 a A

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo de Tukey

As plantas adubadas com a menor e maior dosagem de nitrogênio (N₁= 200 kg ha⁻¹; N₂= 300 kg ha⁻¹) foram as que apresentaram os menores e maiores valores médios de Matéria Seca Total por planta, correspondentes a 217,32 e 308,29 g planta⁻¹, respectivamente (Tabela 30). Ribeiro (2008), com a mesma cultivar, adubada com 200-60-90 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, obteve 285,44 g de Matéria Seca Total g planta⁻¹. Ao comparar este valor com a mesma dose de nitrogênio, ou seja, N₁= 200 kg ha⁻¹, verificou-se uma inferioridade na ordem de 31,34%. No entanto, ao confrontar com a dosagem de N₂= 300 kg ha⁻¹, observou-se uma superioridade na ordem de 8,05%. Entretanto, mesmo utilizando doses maiores de nitrogênio, fósforo e potássio resultaram em ganhos insignificantes de matéria seca total por planta, quando comparados com os valores de 1694 g obtidos por Silva (2008) na matéria seca total por planta, adubada com 60-80-40 kg ha⁻¹ N-P₂O₅-K₂O, em condições de campo, e com os 530 g planta⁻¹ de matéria seca da parte aérea observados por Lacerda et al. (2009).

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 (RIBEIRO, 2008). Magalhães (1979) afirma que esta relação é considerada importante indicador ecológico e morfogenético. Na Tabela 33, observa-se que as plantas que exibiram maior relação raiz parte aérea foram aquelas oriundas do tratamento N₂K₂ com valor de 0,29 e superou em 38; 26,1 e 21% os tratamentos N₁K₁, N₁K₂ e N₂K₁, correspondentes aos valores de 0,21; 0,23 e 0,24 g g⁻¹, respectivamente.

Ribeiro (2008), com Paraguaçu, constatou os seguintes valores de relação raiz parte aérea 0,24; 0,25 e 0,34 $g\ g^{-1}$, equivalentes aos tratamentos 200-90-60; 40-150-60 e 40-90-150 $kg\ ha^{-1}$, respectivamente. A relação Raiz parte Aérea obtida na pesquisa foram semelhantes, superiores e inferiores ao do referido autor.

Para Barbosa et al. (1997) os valores relativamente baixos da relação MSR/MSPA são indicativos de proporção adequada entre o desenvolvimento da raiz e o da parte aérea da planta, sendo esta uma característica para a escolha de mudas de boa qualidade, no entanto, Daniel et al. (1997) mencionam que essa razão deva ser de 0,50 ou 50%; entretanto, a manutenção relativamente baixa do valor de MSR/MSPA está relacionada às melhores condições químicas, físicas e biológicas do solo, devido à presença adequada dos elementos essenciais na sua constituição.

Tabela 33. Relação Matéria Seca das Raízes e Parte Aérea da ($g\ g^{-1}$) da cultivar BRS 189 Paraguaçu, em condições de casa de vegetação.

Nitrogênio	Potássio	
	K ₁ (150 $kg\ ha^{-1}$)	K ₂ (250 $kg\ ha^{-1}$)
200 $kg\ ha^{-1}$	0,21 a A	0,23 b A
300 $kg\ ha^{-1}$	0,24 a B	0,29 a A

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.5. Produção da cultivar BRS 149 Nordestina.

De acordo com os resultados analisados estatisticamente, pode-se notar que, com exceção do Comprimento do Cacho Primário (CPR), houve diferença significativa no nível de 1% de probabilidade para as doses de nitrogênio sobre o Número de Frutos por Planta (NFP), Peso Sementes por Planta (PSP), Número de Sementes por Planta (NSP), Peso de 100 Sementes (P100S) e Peso Cacho por Planta (PCP). Constatações que se assemelham aos estudos de Sampaio et al. (2006), que encontraram efeito significativo de doses de nitrogênio sobre o número e peso de frutos e número de sementes da cultivar BRS 149 Nordestina. Entretanto, a presença de fósforo, potássio e combinação destes elementos não tiveram efeito significativo na produção (Tabela 34).

Tabela 34. Valores do quadrado médio, significâncias e médias referentes ao Número de Frutos por Planta (NFP), Peso Sementes por Planta (PSP), Número de Sementes por Planta (NSP), Peso de 100 Sementes (P100S), Peso do Cacho por Planta (PCP) e Comprimento do Cacho Primário (CCP) da mamoneira BR 189 Nordestina.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio					
		NFP	PSP	NSP	P100S	PCP	CCP
Bloco	2	10,50 ^{ns}	698,84 ^{ns}	239,04 ^{ns}	164,12 ^{ns}	597,61 ^{ns}	1,38 ^{ns}
Nitrogênio	1	1162,04**	4450,19**	9882,04**	12,36**	6901,02**	0,66 ^{ns}
fósforo	1	18,37 ^{ns}	325,68 ^{ns}	70,04 ^{ns}	279,68 ^{ns}	199,46 ^{ns}	1,50 ^{ns}
potássio	1	92,04 ^{ns}	21,37 ^{ns}	442,04 ^{ns}	1,33 ^{ns}	1649,87 ^{ns}	1,50 ^{ns}
N*P	1	5,04 ^{ns}	107,65 ^{ns}	3,37 ^{ns}	8,86 ^{ns}	1359,76 ^{ns}	2,66 ^{ns}
N*K	1	135,37 ^{ns}	285,17 ^{ns}	925,04 ^{ns}	569,10 ^{ns}	2630,27 ^{ns}	4,16 ^{ns}
P*K	1	187,04 ^{ns}	17,90 ^{ns}	1650,04 ^{ns}	435,96 ^{ns}	881,48 ^{ns}	10,66 ^{ns}
N*P*K	1	18,37 ^{ns}	14,89 ^{ns}	35,04 ^{ns}	0,04 ^{ns}	915,99 ^{ns}	0,16 ^{ns}
Resíduo	14	61,16	167,49	470,51	112,10	1128,07	6,33
CV (%)		15,53	11,37	14,49	13,71	17,57	11,03
		Médias (g planta⁻¹)					
N ₁		43,42 b	100,19 b	129,42 b	77,92 a	174,21 b	22,83a
N ₂		57,33 a	127,42 a	170,00 a	76,49 b	208,12 a	23,00a
DMS		6,84	11,32	18,99	1,22	29,40	2,20

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, GL= Grau de Liberdade, ns = não significativo; ** = ao nível de 1% de probabilidade; * = ao nível de 5% de probabilidade; DMS= Diferença Mínima Significativa.

O Comprimento de Cachos (CCP) foi semelhante dentro de todos os níveis de fertilizantes empregados, mostrando, assim, os efeitos não significativos dos tratamentos utilizados (Tabela 34). O valor médio do Comprimento do Cacho Primário (CPP) foi de 22,91cm, indicando ser inferior aos 31; 33; 39; 44 e 52 cm encontrados por Carvalho (2005), Embrapa Algodão (2006), Diniz Neto (2008) e Severino et al. (2006b).

O efeito significativo das doses de nitrogênio para as variáveis número de frutos por planta e peso e número de sementes por planta corroborou com os resultados encontrados por Araújo et al. (2009b) correspondentes às doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio isoladamente, para a mesma cultivar do presente trabalho.

O número de Frutos por Planta correspondente menor e maior dosagem de nitrogênio (N₁= 200 kg ha⁻¹; N₂=300 kg ha⁻¹) foram obtidos com 43,42 e 57,33, respectivamente, mostrando uma superioridade de 32% (Tabela 34). Estes resultados foram inferiores ao 86,6 frutos por planta obtido por Corrêa et al. (2006) em diferentes sistemas de plantio, utilizando a fórmula 30-60-30 kg de NPK ha⁻¹. Da mesma forma,

esses resultados foram bem inferiores aos obtidos por Capistrano (2007), os quais foram apresentados por 105 e 97,58 frutos, apesar do primeiro racemo, utilizando 90 kg de N ha⁻¹, através de esgoto e água do poço, respectivamente. Da mesmo modo, tais resultados foram inferiores aos obtidos por Diniz Neto (2008), apresentados, em média, por 48,71 e 42,15 frutos também do primeiro racemo, em Pentecoste e Limoeiro do Norte, CE, respectivamente, com a cultivar BRS 149 Nordestina. Com a mesma cultivar, Araújo et al. (2009 b) obtiveram 41,27 Número de Frutos por Planta adubada com 200-90-60 NPK ha⁻¹, ou seja, com a mesma dosagem de nitrogênio do presente trabalho. No entanto, com a dosagem maior, N₂, os valores obtidos neste presente trabalho foram superiores aos dos referidos autores.

As plantas adubadas com a menor e maior dosagem de nitrogênio (N₁= 200 kg ha⁻¹; N₂= 300 kg ha⁻¹) foram as que apresentaram os menores e maiores valores médios de peso de sementes por planta, correspondentes a 100,19 e 127,42 g planta⁻¹, respectivamente. (Tabela 34, p. 59) Esses valores, mesmo utilizando doses maiores de nitrogênio, foram inferiores aos 422,91; 636,40 e 355,25 g planta⁻¹ citados por Capistrano (2007), utilizando 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio, em condições de campo, no município de Aquiraz – CE, com a BRS 149 Nordestina, e por Diniz Neto (2008), com a mesma cultivar, utilizando 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio, em Pentecoste e Limoeiro do Norte, CE, respectivamente.

O Comportamento do Número de Sementes por Planta (NSP) foi semelhante ao Número de Frutos por Planta (NFP) e peso sementes por planta (PSP), ou seja, as plantas adubadas com a maior dosagem de nitrogênio (N₂ = 300 kg ha⁻¹) foram as que apresentaram o maior número de sementes (170 sementes), configurando um aumento de 31,35% em relação à menor dosagem de nitrogênio (129,42 sementes). Com a mesma cultivar, Araújo et al. (2009 b), utilizando o tratamento de 200-90-60 kg de NPK ha⁻¹, produziram 123,86 sementes por planta, sendo esta quantidade semelhante aquela do nível N₁ do presente trabalho. Contudo, mais baixo do que a dosagem N₂.

Em um estudo conduzido por Diniz Neto (2008) com a cultivar BRS Nordestina obteve-se um valor médio de 135 sementes por racemo em duas épocas de plantio, em diferentes localidades no Estado do Ceará. Da mesma forma, Carvalho (2005) apresentou 111 sementes por racemo em condições de sequeiro. Estes valores médios foram obtidos com base nos números de frutos por racemo, observados pelos referidos autores, considerando que em cada fruto contém três sementes.

O Peso de 100 Sementes apresentou comportamento diferente do Número de Frutos por Planta (NFP), Peso Sementes por Planta (PSP) e Número de Sementes por Planta (NSP) uma vez que as plantas adubadas com a menor dosagem de nitrogênio ($N_1= 200 \text{ kg ha}^{-1}$) apresentaram maior valor médio de 77,92 g com uma superioridade de 1,86% sobre as plantas adubadas (76,49 gramas) com a maior dosagem de nitrogênio ($N_2= 300 \text{ kg ha}^{-1}$) (Tabela 34). Esses valores estão adequados, pois, para Beltrão e Azevedo (2007), cultivares de porte médio, como é o caso da Nordeste, apresenta 68 g/100 sementes. Diniz Neto (2008), com a mesma cultivar, apresentou os valores de 53,50 e 50,33 g de 100 sementes em Pentecoste e Limoeiro de Norte, CE, respectivamente, adubado com 120 kg de N ha^{-1} . De acordo com os valores obtidos do Peso de 100 Sementes, 60,1g por Corrêa et al. (2006), em diferentes sistemas de cultivo e 62,12 g por Capistrano (2007), adubada com 100 de kg de nitrogênio/ha, corresponderam a valores menores que os obtidos no presente trabalho. As plantas adubadas com 200 e 300 kg ha^{-1} de nitrogênio produziram pesos de cachos (sementes + cascas) iguais a 174,21 e 208,12 g planta^{-1} , respectivamente.

4.6. Produção da cultivar BRS 188 Paraguaçu.

As análises de variância mostraram o efeito significativo do nitrogênio ao nível de 5 % de probabilidade para Número de Fruto por Planta (NFP) e Número de Sementes por Planta (NSP), sendo ao nível de 1% de probabilidade para Peso Sementes por Planta (PSP), Peso do Cacho por Planta (PCP) e Comprimento do Racemo Primário (CRP) (Tabela 35).

Tabela 35. Valores do quadrado médio e significâncias referentes ao Número de Frutos por Planta (NFP), Peso Sementes por Planta (PSP), Número de Sementes por Planta (NSP), Peso de 100 Sementes (P100S), Peso do Cacho por Planta (PCP) e Comprimento do Racemo Primário (CRP) da mamoneira BR 189 Paraguaçu.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio					
		NFP	PSP	NSP	P100S	PCP	CRP
Bloco	2	162,50 ^{ns}	1254,08 ^{ns}	1746,12 ^{ns}	672,38 ^{ns}	940,76 ^{ns}	25,08 ^{ns}
Nitrogênio	1	384,00*	7103,94**	3060,04*	18,06 ^{ns}	7120,47**	19,62**
Fósforo	1	13,50 ^{ns}	73,88 ^{ns}	30,37 ^{ns}	111,62 ^{ns}	9,66 ^{ns}	2,22 ^{ns}
Potássio	1	80,66 ^{ns}	2976,83 ^{ns}	513,37 ^{ns}	274,86 ^{ns}	3536,38*	9,75 ^{ns}
N*P	1	24,00 ^{ns}	56,76 ^{ns}	260,04 ^{ns}	357,28 ^{ns}	599,70 ^{ns}	6,30 ^{ns}
N*K	1	60,16 ^{ns}	2227,4 ^{ns}	187,04 ^{ns}	455,70 ^{ns}	3472,57 ^{ns}	38,25*
P*K	1	16,66 ^{ns}	85,01 ^{ns}	117,04 ^{ns}	56,42 ^{ns}	276,69 ^{ns}	0,92 ^{ns}
N*P*K	1	0,16 ^{ns}	42,96 ^{ns}	145,04 ^{ns}	47,94 ^{ns}	13,60 ^{ns}	0,12 ^{ns}
Resíduo	14	53,45	594,51	358,60	145,17	555,41	3,41
CV (%)		16,71	14,45	14,72	9,16	13,52	12,80

ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade.

A menor dosagem de nitrogênio ($N_1 = 200 \text{ kg ha}^{-1}$) proporcionou o valor médio de 39,75 frutos por planta, enquanto que a maior dosagem (300 kg ha^{-1}) mostrou uma superioridade de 20,12% na produção de frutos por planta, ou seja, o valor de 47,75 (Tabela 36). Nos dois casos, a produção foi menor do que o valor médio observado por Corrêa et al. (2006) de 108,9 frutos por planta.

Tabela 36. Valores médios (g planta^{-1}) de Número de Frutos por Planta (NFP), Peso de Sementes por Planta (PSP), Número de Sementes por Planta e Peso de 100 Sementes (P100S) em função das doses de nitrogênio.

Variáveis	NFP	PSP	NSP	P100S
N_1 (200 kg/ha)	39,75 b	151,51 b	117,33 b	130,61 a
N_2 (300 kg/ha)	47,75 a	185,92 a	139,92 a	132,35 a
DMS	6,40	21,84	16,58	10,55

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, DMS= diferença mínima significativa.

Os resultados do peso de sementes por planta correspondentes a 151,51 e 185,92 g planta^{-1} quando submetidos as dosagem de nitrogênio, 200 e 300 kg ha^{-1} , respectivamente, foram valores maiores do que 63,23 g indicado por Ribeiro et al. (2009) em plantas adubadas com 200 kg ha^{-1} de nitrogênio, mas, com 90 e 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 e K_2O . Também foram valores maiores do que o 133 g planta^{-1} apresentado por Zuchi (2008) trabalhando com a mesma cultivar em duas épocas de semeadura sendo o início de cada época igual aos meses de novembro e dezembro, em Pelotas-RS. As

doses de N_1 e N_2 apresentaram, respectivamente, os valores de 139,92 e 117,33 sementes por planta. A dosagem de nitrogênio de N_2 provocou uma superioridade de 19,25% em relação ao número de sementes por planta (Tabela 36).

Em relação ao Peso do Cacho por Planta (PCP), observa-se que, além do efeito significativo a 1% do nitrogênio, o potássio teve efeito significativo ao nível de 5 % de probabilidade. De acordo com o desdobramento do nitrogênio e potássio, o tratamento N_2K_2 apresenta-se com valor médio de 221,70 g planta⁻¹, com uma superioridade de 36,02; 35,84 e 27,87% para os tratamentos N_1K_1 , N_1K_2 e N_2K_1 , correspondente aos valores 162,98; 163,20 e 173,37, respectivamente (Tabela 37). Os resultados foram superiores aos 107,47 e 61,91 e 58,49 g apresentados por Ribeiro (2008), utilizando 200-150-150 de N:P:K, kg ha⁻¹, com a mesma cultivar.

Tabela 37. Desdobramento da interação doses de nitrogênio x doses de potássio para o Peso de Cacho (g planta⁻¹).

Nitrogênio	Potássio	
	K ₁ (150 kg/ha)	K ₂ (250 kg/ha)
N ₁ (200 kg/ha)	162,98 a A	163,20 b A
N ₂ (300 kg/ha)	173,37 a B	221,70 a A

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Com relação ao estudo das doses de nitrogênio com a dosagem de potássio, verificou-se o efeito significativo com $K_2= 250$ kg ha⁻¹; também houve diferença estatística das doses de potássio dentro da dosagem de nitrogênio $N_2= 300$ kg ha⁻¹ para comprimento do racemo primário. De acordo com a seguinte ordem crescente do comprimento do racemo primário teve-se $N_2K_2 > N_1K_1 > N_2K_1 > N_1K_2$ constatando o maior valor médio do tratamento N_2K_2 igual a 17,25 cm (Tabela 38). Este valor é semelhante aos 17,93 cm encontrados na cultivar BRS Paraguaçu irrigada com água de condutividade elétrica de 0,7 dS m⁻¹ (SILVA et al., 2008).

Entretanto, esse valor e os demais valores do comprimento do racemo primário são considerados abaixo do valor de 20 cm considerado padrão para a cv. BRS Paraguaçu (EMBRAPA ALGODÃO, 2006). Mesmo assim, as condições para uma boa produtividade da cultura podem ser aceitáveis, visto que, não só o comprimento do racemo, mas também, outros fatores como tamanho dos frutos e massa de sementes, influenciam na maior produtividade (SOUZA, 2007).

Tabela 38. Desdobramento da interação doses de nitrogênio x doses de potássio para o comprimento racemo primário (cm) .

Nitrogênio	Potássio	
	K ₁ (150 kg/ha)	K ₂ (250 kg/ha)
N ₁ (200 kg/ha)	14,167 a A	12,917 b A
N ₂ (300 kg/ha)	13,450 a B	17,250 a A

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, maiúscula na linha e grega não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.7. Teores foliares de macronutrientes primários da cultivar BRS 149 Nordestina.

O resumo das análises de variância referente ao teor de nitrogênio nas folhas aos 43, 53, 73, 88 e 103 Dias Após a Semeadura (DAS) da mamoneira cultivar BRS 149 Nordestina está apresentado na Tabela 39. De acordo com os resultados da ANOVA aos 43 e 103 DAS, verificou-se que houve efeito significativo em nível de 1% de probabilidade para as doses de potássio, enquanto que nos demais fatores não houve efeito significativo sobre o teor de nitrogênio na folha. Ao contrário, Pacheco et al. (2008) observaram que o teor foliar de nitrogênio foi afetado significativamente apenas pela dose de P₂O₅, aplicado ao cultivar IAC 226. Como também discordou de Silva et al. (2008) que verificaram diferença estatística das doses de fósforo sobre o teor de nitrogênio na folha de mamoneira, avaliado aos 50 DAS.

Tabela 39. Resumos das análises de variância e significância do teor de nitrogênio da folha da cultivar BRS Nordestina.

Fonte de variação	G	Quadrado Médio				
		Dias Após a Semeadura (DAS)				
		43	58	73	88	103
Bloco	2	86,10 ^{ns}	2,79 ^{ns}	2,75 ^{ns}	18,12 ^{ns}	11,96 ^{ns}
N	1	46,0 ^{ns}	50,80 ^{ns}	4,90 ^{ns}	22,75 ^{ns}	0,75 ^{ns}
P	1	19,51 ^{ns}	0,83 ^{ns}	9,43 ^{ns}	2,02 ^{ns}	4,44 ^{ns}
K	1	103,00*	1,87 ^{ns}	0,33 ^{ns}	23,10 ^{ns}	56,58*
N*P	1	36,26 ^{ns}	9,40 ^{ns}	10,17 ^{ns}	9,79 ^{ns}	0,33 ^{ns}
N*K	1	38,96 ^{ns}	2,82 ^{ns}	0,01 ^{ns}	10,28 ^{ns}	2,16 ^{ns}
P*K	1	0,00 ^{ns}	20,02 ^{ns}	9,76 ^{ns}	20,70 ^{ns}	5,03 ^{ns}
N*P*K	1	20,94 ^{ns}	27,95 ^{ns}	54,87 ^{ns}	42,16 ^{ns}	17,15 ^{ns}
resíduo	14	14,32	12,12	10,89	14,88	6,70
CV (%)		9,56	10,60	10,02	13,02	8,55

ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade, N₁= 200 kg/ha e N₂=300 kg/ha.

Com relação às doses de potássio aos 43 e 103 DAS, os resultados mais significativos foram observados para as plantas adubadas com a dosagem de K₂ = 250

kg ha⁻¹, correspondentes aos teores de nitrogênio na folha de 41,65 e 31,82 g kg⁻¹, respectivamente. Quando submetido à dosagem de potássio K₁ = 150 kg ha⁻¹, as plantas apresentaram menor valor médio de nitrogênio na folha na ordem de 37,51 e 28,74 g kg⁻¹ aos 43 e 103 DAS, respectivamente. Isto significa que, aumentando 100 kg de potássio, há um incremento no teor de nitrogênio, na ordem de 4,14 e 3,08 g kg⁻¹ (Tabela 40).

Tabela 40. Teores de nitrogênio no limbo foliar (g kg⁻¹) em função das doses de potássio.

Potássio	DAS	
	43	103
150 kg ha ⁻¹	37,51 b	28,74 b
250 kg ha ⁻¹	41,65 a	31,82 a
DMS	3,14	0,74

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Ao comparar os resultados com os sugeridos como adequados por Malavolta et al. (1997) e Malavolta (2006) que oscilam de 40-50 g de N kg⁻¹ nas folhas da mamoneira, verificou-se o teor adequado de N apenas nas plantas adubadas com dosagem de potássio K₂, aos 43 DAS. Verificou-se também que o teor acumulado referente à dosagem de potássio K₁ foi 6,22% inferior ao valor do nível adequado aos 43 DAS; e as dosagens K₂ e K₁ foram 20,40 e 28,15% inferiores aos níveis considerados adequados aos 103 DAS.

Diniz Neto (2008), estudando a cultivar BRS 149 Nordestina adubada com 120 kg de N, 75 kg de P₂O₅, 45 kg de K₂O, no início do florescimento, observou, na matéria seca foliar, valores de nitrogênio na ordem de 32,02 e 26,31 g kg⁻¹. Segundo Pacheco et al. (2006a), ao trabalhar com cultivar IAC 226 testando doses de 0, 36, 72, 108 e 144 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 0, 20, 40, 60 e 80 kg/ha de N, combinadas pela matriz experimental do quadrado duplo sob 30 e 60 kg/ha de K₂O, observaram que para todas as combinações de doses de NPK, as concentrações foliares de N foram sempre altas, acima de 50 g kg⁻¹ de N.

Moro (2008), trabalhando com o híbrido Lyra e Savana, obteve valores na matéria seca da folha, em pleno florescimento, na ordem de 50,26 e 45,12 g kg⁻¹, respectivamente, adubada com 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio, safra 2006/2007. Severino et al. (2008), por sua vez, trabalhando com a mesma cultivar, obtiveram os seguintes valores de matéria seca na folha: 40,4; 51,5; 47,27 e 50,55 g kg⁻¹, adubando as plantas

com cama de frango, casca de amendoim, esterco bovino e mucilagem de sisal, respectivamente.

Fazendo uma comparação entre os estudos de Pacheco et al. (2006a), Moro (2008) e Severino et al. (2008), constata-se que diferentes tratamentos observados foram maiores que os encontrados no presente trabalho apesar dos níveis de NPK aplicados no mesmo serem maiores ou iguais que os utilizados pelos autores citados. Contudo, os tratamentos estudados na pesquisa foram superiores aos apresentados por Diniz Neto (2008) na localidade de Pentecostes e inferiores na localidade Limoeiro do Norte, com exceção das plantas adubadas com a dosagem de 250 kg ha^{-1} aos 43 DAS.

Vale salientar que, a partir dos 50 DAS, observou-se sintomas visuais de deficiência de nitrogênio tais como: folhas amarelas, inicialmente as mais velhas; dormência de gemas laterais e redução no perfilhamento, as quais corroboram com Malavolta e Moraes (2007), que citam os mesmos sintomas e com vários outros autores relatados a respeito dos sintomas de deficiência nutricional na cultura da mamona (FERREIRA et al., 2004; SANTOS et al., 2004 a ; SANTOS et al., 2004b ; LANGE et al., 2005; SEVERINO et al., 2008; LAVRES JÚNIOR et al., 2009; NASCIMENTO, 2009).

De acordo com os resultados da ANOVA pode-se notar que houve diferença significativa em nível de 1 e 5% de probabilidade para as doses de fósforo e potássio, respectivamente e em nível de 5% de probabilidade para a interação doses de nitrogênio x doses de fósforo x doses de potássio aos 43 DAS (Tabela 41). Os valores obtidos corroboram, em parte, com as constatações de Silva et al. (2008) que observaram efeito estatístico das doses de fósforo, avaliados aos 50 DAS, sobre o teor de fósforo na matéria seca da folha de mamoneira. Contudo, tais valores divergem dos resultados de Moro (2008) que não detectou diferença estatística das doses de nitrogênio sobre o teor de fósforo na folha da mamoneira avaliado aos 45 DAS.

Tabela 41. Resumos das análises de variância e significância do teor fósforo no limbo foliar da cultivar BRS Nordestina.

Fonte de variação	G L	Quadrado Médio				
		Dias Após a Semeadura (DAS)				
		43	58	73	88	103
Bloco		0,231 ^{ns}	2.795 ^{ns}	0.177 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.785 ^{ns}
N	2	0,178 ^{ns}	50.80 ^{ns}	0.182 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.012 ^{ns}
P	1	1,627**	0.836 ^{ns}	0.055 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.001 ^{ns}
K	1	0,637*	1.870 ^{ns}	0.092 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.207 ^{ns}
N*P	1	0,182 ^{ns}	9.400 ^{ns}	0.028 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.362 ^{ns}
N*K	1	0,168 ^{ns}	2.829 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.135 ^{ns}	0.434 ^{ns}
P*K	1	0,270 ^{ns}	20.02 ^{ns}	0.348 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.855 ^{ns}
N*P*K	1	1,1748*	27.95 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.312 ^{ns}	0.019 ^{ns}
resíduo	14	0.1380	12.127	0.090	0.099	0.261
CV (%)		10,63	12,62	9,64	11,36	21,10

ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade

Pôde-se observar pela Tabela 42 (p. 68) que o maior e o menor teor de fósforo na folha foi obtido no tratamento N₂P₂K₂ e N₂P₁K₂, com valores médios de 4,16 g kg⁻¹ e 2,81 g kg⁻¹, respectivamente. Vale ressaltar que, mantendo 200-150 N-K/ha e aumentando 100 kg de P/há, há um incremento de 1,35 g kg⁻¹ de fósforo na folha. Plantas de mamoneira nutricionalmente equilibradas em fósforo, conforme Malavolta et al. (1997) e Malavolta (2006), devem conter entre 3 e 4 g kg⁻¹ no limbo foliar. As plantas submetidas às dosagens de NPK estavam com os teores de fósforo adequados com exceção do tratamento N₂P₁K₂ que se apresentou abaixo do nível crítico.

Segundo Pacheco et al. (2006a), trabalhando com a cultivar IAC 226, obteve 3,1 g kg⁻¹ na matéria seca da folha, em pleno florescimento, adubando a cultura com 144 e 30 kg ha⁻¹ P₂O₅-K₂O. Moro (2008), estudando os híbrido Lyra e Savana aos 45 DAE, obteve 2,89 g kg⁻¹ na matéria seca do limbo foliar, adubando com 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Diniz Neto (2008), adubando as plantas com 120-75-45 N- P₂O₅-K₂O kg ha⁻¹, no início do florescimento, apresentou valores na matéria seca foliar de fósforo 3,00 e 3,44 g kg⁻¹, cultivadas em Limoeiro do Norte e Pentecostes, respectivamente. Silva et al. (2008) com a mesma cultivar aos 50 DAS, utilizando 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅, verificaram que o teor de fósforo na folha estava na ordem de 7,1 g kg⁻¹.

Entretanto, Severino et al. (2008), trabalhando com a cultivar BRS 149 Nordestina, observaram, aos 43 DAS, que o teor de fósforo na folha encontravam-se com teores de 7,62; 6,92; 4,50; 10,62 e 2,95 g kg⁻¹, adubando as plantas com bagaço de cana, cama de frango, casca de amendoim, esterco bovino e mucilagem de sisal, respectivamente. Pacheco et al. (2006a) e Diniz Neto (2008), mesmo utilizando doses menores de N- P-

K obtiveram teores de P na folha da planta semelhantes aos obtidos no presente trabalho; mas inferiores aos teores obtidos por Severino et al. (2008).

Tabela 42. Desdobramento da interação doses de nitrogênio x doses de fósforo x doses de potássio para o teor de fósforo na folha (g kg^{-1}) aos 43, 58, 73 e 88 e 103 DAS.

Nitrogênio	Potássio			
	$K_1(150 \text{ kg ha}^{-1})$		$K_2(250 \text{ kg ha}^{-1})$	
	Fósforo		Fósforo	
	$P_1(150 \text{ kg ha}^{-1})$	$P_2(250 \text{ kg ha}^{-1})$	$P_1(150 \text{ kg ha}^{-1})$	$P_2(250 \text{ kg ha}^{-1})$
43 DAP				
200 kg ha^{-1}	3,05 a A α	3,62 a A α	3,77 a A β	3,89 a A α
300 kg ha^{-1}	3,31 a A α	3,35 a A α	2,81 b B α	4,16 a A β

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, maiúscula na linha (fósforo em cada nível de nitrogênio e potássio) e grega (potássio em cada nível de nitrogênio e fósforo) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com os resultados da ANOVA, pôde-se notar que houve diferença significativa ao nível de 5 e 1% de probabilidade para as doses de fósforo e potássio na variável teor de potássio na folha, respectivamente, observados apenas aos 43 DAS (Tabela 43). Os valores obtidos discordam de Moro (2008) que observou efeito significativo das doses de nitrogênio sobre o teor de potássio na matéria seca da folha de mamoneira, avaliado aos 45 DAE. Todavia, esses valores corroboram, em parte, com Silva et al. (2008) que observaram diferença estatística aos 50 DAS das doses de fósforo sobre o teor de potássio na folha.

Tabela 43. Resumos das análises de variância e significância médias dos teores de potássio aos 43, 58, 73, 88 e 103 DAP da cultivar BRS Nordestina.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio				
		Dias Após a Semeadura (DAS)				
		43	58	73	88	103
Bloco	2	40,76 ^{ns}	63,10 ^{ns}	5,25 ^{ns}	15,75 ^{ns}	181,82 ^{ns}
N	1	1,00 ^{ns}	8,28 ^{ns}	20,25 ^{ns}	12,25 ^{ns}	4,00 ^{ns}
P	1	49,02*	0,60 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,25 ^{ns}	4,00 ^{ns}
K	1	64,02**	0,06 ^{ns}	12,25 ^{ns}	2,25 ^{ns}	9,00 ^{ns}
N*P	1	4,00 ^{ns}	5,78 ^{ns}	0,25 ^{ns}	12,25 ^{ns}	10,50 ^{ns}
N*K	1	25,01 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,25 ^{ns}	25,01 ^{ns}
P*K	1	9,00 ^{ns}	8,28 ^{ns}	6,25 ^{ns}	0,25 ^{ns}	1,00 ^{ns}
N*P*K	1	4,00 ^{ns}	6,78 ^{ns}	6,25 ^{ns}	0,25 ^{ns}	9,00 ^{ns}
resíduo	14	5,89	4,68	5,25	9,75	18,90
CV (%)		10,76	10,41	10,02	21,24	35,8

ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade.

Verificando a Tabela 44, pôde-se observar que a dose de 250 kg ha^{-1} de fósforo P_2 e Potássio K_2 sobressaiu sobre a dosagem P_1 e K_1 com uma superioridade de 12,1% e

13,51%. Isto significa que, ao aumentar 100kg/ha de fósforo e potássio, causou um incremento de 2,9 e 3,27 g kg⁻¹ no teor de potássio presente na folha. Quando comparado com o teor considerado como adequado por Malavolta et al. (1997) e Malavolta (2006) que é 30-40 g ha⁻¹, nota-se que as plantas submetidas às dosagens de NPK estavam abaixo do nível crítico.

Pacheco et al. (2006a), com a cultivar IAC 226 observaram que utilizando 60 kg ha⁻¹ de K₂O, o teor foliar de K foi constante na ordem de 26 g kg⁻¹ em resposta às doses de N e P₂O₅. Diniz Neto (2008) com a mesma cultivar, adubando a cultura com 120-75-45 N- P₂O₅-K₂O kg ha⁻¹, no início do florescimento, verificou que os teores de potássio no limbo foliar encontravam com 18,32 e 17,75 g kg⁻¹ cultivadas em Limoeiro do Norte e Pentecostes, respectivamente.

Moro (2008), trabalhando com os híbridos Lyra e Savana, encontrou 19,71 e 19,72 de potássio na matéria seca da folha no tratamento 200 kg de N ha⁻¹. No entanto, Silva et al. (2008) obteve 56,84 g kg⁻¹ de K na matéria seca da folha, aos 50 DAS, com a mesma cultivar, adubando as plantas com 90 kg ha⁻¹ P₂O₅. Os valores obtidos na presente pesquisa foram superiores aos obtidos por Diniz Neto (2008) e Moro (2008); por outro lado, foram inferiores ao encontrados por Pacheco et al. (2006a) e Silva et al. (2008).

Tabela 44. Teor de potássio no limbo foliar (g kg⁻¹) aos 43 DAS em função das doses de fósforo e potássio. Campina Grande – PB, 2010.

Dosagens	Potássio	
	Fósforo	Potássio
150 kg ha ⁻¹	21,1 b	20,93 b
250 kg ha ⁻¹	24,0 a	24,20 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem ao 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Pelos resultados apresentados na Tabela 45, nota-se que houve efeito significativo em nível de 5% de probabilidade apenas aos 88 DAS para a interação: doses de fósforo x doses de potássio, porém aos 43, 58, 73 e 103 DAS não diferiram estatisticamente para todos os fatores estudados no teor de cálcio presente na folha da mamoneira. Os resultados diferem de Nascimento (2009) que, estudando os teores do cálcio na folha em dois híbridos (Lyra e Savana) sob plantio direto aos 17, 31, 45, 59, 73, 97 e 120 DAS, encontrou diferença estatística aos 17, 73 e 97 DAS. No entanto, tais resultados assemelham-se aos de Moro (2008) que não verificou efeito estatístico das doses de nitrogênio aos 45 DAE sobre o teor de cálcio na matéria seca da folha de mamoneira.

doses de nitrogênio aos 45 DAE sobre o teor de cálcio na matéria seca da folha de mamoneira.

Tabela 45. Resumos das análises de variância e significância médias dos teores de cálcio aos 43, 58, 73, 88 e 103 DAS da cultivar BRS Nordestina.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio				
		Dias Após a Semeadura (DAS)				
		43	58	73	88	103
Bloco	2	13,74 ^{ns}	35,67 ^{ns}	14,59 ^{ns}	8,01 ^{ns}	11,96 ^{ns}
N	1	1,91 ^{ns}	8,38 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,75 ^{ns}
P	1	1,21 ^{ns}	4,25 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,17 ^{ns}	4,44 ^{ns}
K	1	0,07 ^{ns}	2,28 ^{ns}	0,01 ^{ns}	3,21 ^{ns}	56,58 ^{ns}
N*P	1	4,87 ^{ns}	3,21 ^{ns}	5,51 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,33 ^{ns}
N*K	1	1,88 ^{ns}	5,50 ^{ns}	0,01 ^{ns}	6,86 ^{ns}	2,16 ^{ns}
P*K	1	10,96 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,17*	5,03 ^{ns}
N*P*K	1	4,41 ^{ns}	16,02 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,02 ^{ns}	17,15 ^{ns}
resíduo	14	2,92	4,94	1,56	1,74	6,70
CV (%)		10,35	15,86	10,05	9,74	8,50

ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade.

O cálcio tem muitos efeitos no crescimento e desenvolvimento da planta como atraso do amadurecimento, senescência e abscisão dos frutos com a sua carência. Portanto, com um bom suprimento de Ca na planta, verifica-se boa integridade estrutural das membranas e das paredes celulares (MALAVOLTA et al. 1997; MALAVOLTA, 2006).

Ao proceder-se ao desdobramento da interação potássio dentro da dosagem P₁, observou-se efeito significativo para o conteúdo de Cálcio na planta aos 88 DAS. As amplitudes dos teores de cálcio no limbo foliar foram de 14,39 a 12,59 g kg⁻¹, referentes aos tratamentos P₁K₂ e P₁K₁ com média de 13,57 g kg⁻¹. Vale ressaltar que mantendo a dose de fósforo 150 kg ha⁻¹ e aumentando em 1 kg ha⁻¹ de K, observou-se um incremento na ordem de 1,8 g kg⁻¹ de cálcio na folha (Tabela 46). Para Malavolta et al. (1997) e Malavolta (2006), mamoneira suprida adequadamente em Ca deve conter de 15 a 25 g kg⁻¹ no limbo foliar. As plantas submetidas às dosagens de NPK em plena frutificação, estavam com teores de cálcio abaixo do nível crítico exigido pela cultura.

Pesquisas conduzidas por Silva et al. (2008) com a mamoneira BRS 149 Nordestina, testando doses crescentes de fósforo (0, 20, 40, 60 e 80 kg/ha) observaram que, aos 50 DAS, as folhas encontravam-se com 10,95 g kg⁻¹ de cálcio no limbo foliar. Nascimento (2009), trabalhando com a mesma cultivar, aos 59 DAS, adubando as plantas com adubo NPK com formulação 08-28-16 + 4,5% de S + 0,5% de Zn, totalizando 250 kg ha⁻¹, em sistema de plantio direto; observou 22 e 27,1 g kg⁻¹ de cálcio na matéria seca da

teor de cálcio no limbo foliar estava na ordem de 17,15 e 25,72 g kg⁻¹ nas localidades de Pentecoste e Limoeiro Norte.

Severino et al. (2008), trabalhando com a cv BRS 149 Nordestina, observaram, aos 43 DAS, que o teor de cálcio na matéria seca da folha encontravam-se com 2,40; 2,00; 2,90; 2,60 e 7,05 g kg⁻¹, adubando as plantas com bagaço de cana, cama de frango, casca de amendoim, esterco bovino e mucilagem de sisal, respectivamente. Os valores obtidos na pesquisa (Tabela 46) foram superiores aos apresentados por Silva et al. (2008) e Severino et al. (2008), todavia, foram inferiores aos citados por Diniz Neto (2008) e Nascimento (2009).

Tabela 46. Desdobramento da interação doses de fósforo x doses de potássio para o teor de cálcio (g kg⁻¹) na folha aos 88 DAS.

Fósforo	Potássio	
	K ₁ (150 kg ha ⁻¹)	K ₂ (250 kg ha ⁻¹)
150 kg ha ⁻¹	12,59 aB	14,39 aA
250 kg ha ⁻¹	13,83 aA	13,49 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os teores de magnésio nas folhas diferiram significativamente em nível de 5% de probabilidade apenas pelas interações doses de nitrogênio x doses fósforo e doses de fósforo x doses de potássio, avaliados aos 73 e 103 DAS, respectivamente (Tabela 47). Os resultados assemelham-se aos obtidos por Moro (2008) que não verificou efeito estatístico das doses de nitrogênio aos 45 DAS sobre o teor de magnésio na folha de mamona.

Tabela 47. Resumos das análises de variância e significância médias dos teores de magnésio aos 43, 58, 73, 88 e 103 DAS da cultivar BRS Nordestina.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio				
		Dias Após a Semeadura (DAS)				
		43	58	73	88	103
Bloco	2	0,59 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,70 ^{ns}	1,76 ^{ns}
N	1	0,50 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,00 ^{ns}
P	1	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,09 ^{ns}
K	1	0,26 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,51 ^{ns}	1,40 ^{ns}
N*P	1	0,18 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,52*	0,35 ^{ns}	0,28 ^{ns}
N*K	1	0,41 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,05 ^{ns}
P*K	1	0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,06 ^{ns}	2,74*
N*P*K	1	0,24 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}
resíduo	14	0,27	0,35	0,12	0,25	0,44
CV (%)		6,88	8,83	5,54	7,36	8,57

ns= não significativo; *= ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Pode-se observar que os maiores teores de magnésio presentes na folha foram obtidos nos tratamentos N_1P_1 e P_1K_2 , avaliados aos 73 e 103 DAS, correspondentes às médias de 6,63 e 8,46 $g\ kg^{-1}$, respectivamente (Tabela 48). Ao serem comparados com os valores considerados ideais por Malavolta et al. (1997) e Malavolta (2006) da ordem 2,5-3.5 $g\ kg^{-1}$ percebeu-se que, independente das doses NPK, as plantas encontravam-se acima do limite crítico.

Tabela 48. Desdobramento das Interações doses de nitrogênio x doses de potássio e doses de fósforo x doses de potássio sobre o teor de magnésio no limbo foliar ($g\ kg^{-1}$) da mamoneira aos 73 e 103 DAS

Nitrogênio	Fósforo	
	73 DAS	
	$P_1(150\ kg\ ha^{-1})$	$P_2(250\ kg\ ha^{-1})$
200 $kg\ ha^{-1}$	6,63 a A	6,16 a B
300 $kg\ ha^{-1}$	6,38 a A	6,50 a A
Fósforo	Potássio	
	103 DAS	
	$K_1(150\ kg\ ha^{-1})$	$K_2(250\ kg\ ha^{-1})$
150 $kg\ ha^{-1}$	7,30 a B	8,46 a A
250 $kg\ ha^{-1}$	7,85 a A	7,66 a A

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Trabalhos conduzidos por Diniz Neto (2008) com a mamoneira BRS 149 Nordestina, adubando as plantas com 120-75-45 $kg\ ha^{-1}$ de $N-P_2O_5-K_2O$ verificaram que o teor de magnésio na matéria seca da folha, por ocasião da floração, estava na ordem de 4,95 e 3,65 $g\ kg^{-1}$ nas localidades de Pentecoste e Limoeiro do Norte. No entanto, Moro (2008), trabalhando com doses crescente de nitrogênio obteve, na maior dose de nitrogênio (200 $kg\ ha^{-1}$), valores médios de magnésio na matéria seca da folha na ordem de 4,41 e 4,87 $g\ kg^{-1}$, referente aos híbridos Lyra e Savana.

Entretanto, Nascimento (2009), estudando os teores de magnésio na matéria seca da folha da mamoneira BRS 149 Nordestina, adubada com a seguinte formulação de $N-P_2O-K_2O$: 08-28-16 + 4,5% de S + 0,5% de Zn, totalizando 250 $kg\ ha^{-1}$ avaliados aos 73 DAS os valores estavam na ordem de 6,9 - 6,8 $g\ kg^{-1}$, referente aos híbridos Lyra e Savana. Os valores obtidos nessa tese de magnésio na matéria seca da folha (Tabela 48) foram superiores aos apresentados por Diniz Neto (2008), Moro (2008), mas semelhantes aos registrados por Nascimento (2009).

Conforme observado na Tabela 49, encontrou-se efeito significativo ($p < 0,05$) nos teores de enxofre para as interações: doses nitrogênio x doses de potássio e doses de

fósforo x doses de potássio, aos 43 e 103 DAS, respectivamente. Já, aos 88 DAS, houve efeito significativo apenas para as doses de potássio, no teor de enxofre presente na folha. Nascimento (2009), estudando a marcha de absorção de enxofre com os híbridos Lyra e Savana aos 17, 31, 45, 59, 73, 97 e 120 DAS, observaram diferença estatística apenas aos 59 e 73 DAS na safra de 2006 sob plantio direto. Moro (2008), estudando doses de nitrogênio, detectou efeito estatístico aos 45 DAE sobre o teor de enxofre na matéria seca da folha de mamona.

Tabela 49. Resumos das análises de variância e significância médias dos teores de enxofre aos 43, 58, 73, 88 e 103 DAP da cultivar BRS Nordestina.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio				
		Dias Após a Semeadura (DAS)				
		43	58	73	88	103
Bloco	2	0,175 ^{ns}	0,451 ^{ns}	0,012 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,006 ^{ns}
N	1	0,000 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,0433 ^{ns}	0,001 ^{ns}
P	1	0,022 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,015 ^{ns}
K	1	0,068 ^{ns}	0,012 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,0748*	0,010 ^{ns}
N*P	1	0,050 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,0170 ^{ns}	0,015 ^{ns}
N*K	1	0,086*	0,001 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,0073 ^{ns}	0,039 ^{ns}
P*K	1	0,019 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,0042 ^{ns}	0,130*
N*P*K	1	0,008 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,0032 ^{ns}	0,006 ^{ns}
Resíduo	14	0,016	0,010	0,002	0,0115	0,018
CV (%)		14,71	15,17	8,33	15,32	19,01

ns= não significativo; *= ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As doses de potássio dentro da dosagem N₁ aos 43 DAS, as doses de fósforo dentro da dosagem K₂ e as dosagens de potássio em combinação com a dosagem P₁ aos 103 DAS apresentaram efeitos significativos, observando-se resultados mais significativos nos tratamentos N₁K₁ e P₁K₂, cujos teores foram de 1,0 e 0,84 g kg⁻¹ para o teor de enxofre na folha (Tabela 50). Nota-se também aos 88 DAS, que resultado mais significativo do teor médio de enxofre ocorreu da dosagem K₂ com uma superioridade de 15,78% sobre a dosagem K₁. Plantas de mamoneira nutricionalmente equilibradas em enxofre, conforme Malavolta et al. (1997) e Malavolta (2006), devem conter 3 –4 g kg⁻¹ no limbo foliar.

As plantas submetidas às dosagens de NPK estavam em média 200% dos teores de enxofre abaixo do nível crítico exigido pela cultura. Lavres Júnior et al. (2005), estudando o estado nutricional da mamona em diferentes órgãos da planta com tratamentos deficientes e completos contendo enxofre, concluíram que as concentrações de S na planta é mais importante na folha, cujo teor foi de 3,7 g kg⁻¹, sendo esta parte da

planta que melhor representa o seu estado nutricional em relação a esse macronutriente secundário.

Pesquisas conduzidas por Diniz Neto (2008) em Pentecoste e Limoeiro do Norte com a cultivar BRS 149 Nordestina, adubando as plantas com 120-75-45 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O verificou que o teor de enxofre na matéria seca da folha encontrava na ordem de 9,86 e 8,7 g kg⁻¹. No entanto, Moro (2008) observou que os teores de S para os híbridos Lyra e Savana, em as safras 2005/2006 e 2006/2007, mantiveram-se adequados (3-4 g kg⁻¹), embora as doses de N tenha acarretados redução dos teores. Nascimento (2009), trabalhando os híbridos Lyra e Savana, adubada com a seguinte formulação de N-P₂O-K₂O: 08-28-16 + 4,5% de S + 0,5% de Zn, totalizando 250 kg ha⁻¹, observou que os teores de S na matéria seca da folha encontravam na ordem de 16,1 e 11,15 g kg⁻¹. No presente trabalho, mesmo utilizando doses maiores de N-P₂O-K₂O do que os autores citados, os valores de enxofre na matéria seca da folha foram inferiores aos dos referidos autores.

Tabela 50. Desdobramento das Interações doses de nitrogênio x doses de potássio e doses de fósforo x doses de potássio e das doses de potássio sobre o teor de magnésio no limbo foliar (g kg⁻¹) da mamoneira aos 43, 88 e 103 DAS .

Nitrogênio	Potássio	
	73 DAS	
	K ₁ (150 kg ha ⁻¹)	K ₂ (250 kg ha ⁻¹)
200 kg ha ⁻¹	1,00 a A	0,77 a B
300 kg ha ⁻¹	0,87 a A	0,89 aA
Potássio		88 DAS
150 kg ha ⁻¹	0,64b	
250 kg ha ⁻¹	0,76a	
		103 DAS
Fósforo	Potássio	
	K ₁ (150 kg ha ⁻¹)	K ₂ (250 kg ha ⁻¹)
150 kg ha ⁻¹	0,65 aB	0,84 bA
250 kg ha ⁻¹	0,75 aA	0,64 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Mesmo utilizando doses maiores de nitrogênio, fósforo e potássio do que todos os autores citados e/ou raramente igual na dosagem de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio, no início do florescimento das plantas, aos 73 DAS, em geral estiveram deficientes em nitrogênio, potássio, cálcio e enxofre, adequadamente em fósforo e com teores elevados de magnésio, percebendo-se uma adubação desbalanceada, fato que pode justificar a baixa produção e fitomassa seca.

4.8. Teores foliares de macronutrientes da cultivar BRS 188 Paraguaçu.

Houve efeito significativo em nível de 1% de probabilidade para as doses de nitrogênio e a interação doses de fósforo x doses de potássio aos 43 DAS no teor de nitrogênio do limbo da mamoneira (Tabela 51). Verificou-se que, aos 58 e 88 DAS, houve diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade para as interações: doses de nitrogênio x doses de fósforo e doses de fósforo x doses de potássio, respectivamente, no teor de nitrogênio do limbo foliar da mamoneira.

Tabela 51. Resumos das análises de variância e significância do teor de nitrogênio no limbo foliar da cultivar BRS 189 Paraguaçu.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio				
		Dias Após a Semeadura (DAS)				
		43	58	73	88	103
Bloco	2	33,17 ^{ns}	7,78 ^{ns}	0,11 ^{ns}	30,79 ^{ns}	9,01 ^{ns}
N	1	141,08**	1,53 ^{ns}	2,45 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,30 ^{ns}
P	1	0,90 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,12 ^{ns}	10,03 ^{ns}	0,00 ^{ns}
K	1	32,27 ^{ns}	12,18 ^{ns}	0,24 ^{ns}	1,49 ^{ns}	52,59 ^{ns}
N*K	1	37,92 ^{ns}	13,26 ^{ns}	1,66 ^{ns}	9,90 ^{ns}	5,46 ^{ns}
N*P	1	37,87 ^{ns}	32,85*	0,02 ^{ns}	15,94 ^{ns}	1,22 ^{ns}
P*K	1	139,63**	8,35 ^{ns}	0,16 ^{ns}	111,62*	41,94 ^{ns}
N*P*K	1	65,24 ^{ns}	0,55 ^{ns}	2,48 ^{ns}	53,34 ^{ns}	7,49 ^{ns}
resíduo	14	15,50	6,01	7,34	22,36	17,19
CV (%)		8,67	7,12	8,47	16,01	13,8

ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A cultura da mamona é considerada uma planta que esgota o solo. Em um hectare aproximadamente 80 kg de N são exportados, em lavouras com produtividade de 2.000 kg ha⁻¹ (CANECCHIO FILHO e FREIRE, 1958). A ausência do N impede o crescimento inicial da planta, já que esse elemento faz parte dos aminoácidos e proteínas e sua falta retarda o crescimento inicial da planta por impossibilitar a incorporação de carbono. Dessa forma, com o crescimento da planta, haverá deficiência na quantidade de clorofila e da enzima Rubisco (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Considerando o desdobramento da interação aos 43 DAS verifica-se efeito das doses de nitrogênio dentro do tratamento P₂K₁ e as dosagens de fósforo dentro do tratamento N₁K₁, porém as dosagens de potássio não apresentaram diferença estatística; entretanto, aos 58 DAS, observou-se efeito significativo das doses de fósforo dentro da dose K₂. Aos 88 DAS, verificou-se diferença estatística das doses de fósforo em combinação com a dose K₂ (Tabela 52).

Tabela 52. Desdobramento das Interações doses de nitrogênio x doses de fósforo x doses de potássio, doses de nitrogênio x doses de potássio e doses de fósforo x doses de potássio para o teor de nitrogênio no limbo foliar (g kg^{-1}) aos 43, 58 e 88 DAS.

43 DAS				
Potássio				
Nitrogênio	K ₁ 150 (kg ha^{-1})		K ₂ (250 kg ha^{-1})	
	Fósforo		Fósforo	
	P ₁ (150 kg ha^{-1})	P ₂ (250 kg ha^{-1})	P ₁ (150 kg ha^{-1})	P ₂ (250 kg ha^{-1})
200 kg ha^{-1}	46,11 aA α	35,08 bB α	42,82 aA α	48,03 aA α
300 kg ha^{-1}	47,66 aA α	48,25 aA α	45,94 aA α	49,59 aA α
58 DAS				
Fósforo				
Nitrogênio	K ₁ 150 (kg ha^{-1})		K ₂ (250 kg ha^{-1})	
	200 kg ha^{-1}	35,15 aA	34,23 aA	
300 kg ha^{-1}	32,30 aB	36,06 aA		
88 DAS				
Potássio				
Fósforo	K ₁ 150 (kg ha^{-1})		K ₂ (250 kg ha^{-1})	
	150 kg ha^{-1}	30,80 aA	26,99 bA	
250 kg ha^{-1}	27,78 aA	32,59 aA		

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, maiúscula na linha (fósforo em cada nível de nitrogênio e potássio) e grega (potássio em cada nível de nitrogênio e fósforo) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Podê-se observar pela Tabela 52 que os maiores teores de nitrogênio do limbo foliar foram obtidos nos tratamentos N₂P₂K₂, N₂K₂ e P₂K₂, avaliados aos 43, 58 e 88 DAS com médias de 49,59; 36,06 e 32,59 g kg^{-1} , respectivamente. Os menores teores foram obtidos nos tratamentos N₁P₂K₁, N₂K₁ e P₂K₁, cujos teores foram 35,08; 32,30 e 27,28 g kg^{-1} , respectivamente. Numa comparação com o nutriente na matéria seca do limbo foliar com a amplitude adequada (MALAVOLTA et al., 1997; (MALAVOLTA, 2006), de 40–50 g kg^{-1} , constatou-se que as plantas estavam adequadamente equilibradas em nitrogênio aos 43 DAS apenas no tratamento N₂P₂K₂, mas dos demais tratamentos e, aos 58 e 88 DAS, estavam com os teores de nitrogênio abaixo do nível crítico exigido pela cultura.

Em trabalhos desenvolvidos por Chiaradia (2005) em mamoneira cv Guarani, adubada com 75-80-40 kg ha^{-1} N-P₂O₅-K₂O observou-se que o teor de nitrogênio na matéria seca das folhas, por ocasião do florescimento, entre 60 – 70 DAS, encontrava-se na ordem de 47,55 g kg^{-1} . No presente trabalho, os valores de nitrogênio na matéria seca aos 43 DAS foram superiores ao referido autor nos tratamentos N₂P₂K₂ e N₂P₂K₁, mas foram inferiores nos demais tratamentos independentemente da idade da planta. No

entanto, os teores foram inferiores aos 56,21 g kg⁻¹ apresentados por Silva et al. (2008) com a mesma cultivar aos 50 DAS, utilizando doses crescente de fósforo. Já Nascimento (2009) obteve os seguintes teores de nitrogênio no limbo foliar 38; 38,5; 44,8; 41; 33,2; 30,9 e 28,7 g kg⁻¹, avaliados aos 17; 31; 45; 59; 73; 97 e 120 DAS para determinar a marcha de absorção de nutrientes no híbridos de mamona Lyra, em sistema de plantio direto conduzidos em safra e safrinha no ano agrícola de 2006.

De acordo com os resultados analisados estatisticamente na Tabela 53 pode-se notar que aos 43 e 88 DAS, houve efeito significativo da interação: doses de fósforo x doses de potássio sobre o teor de fósforo na folha da mamoneira BRS 189 Paraguaçu. Os coeficientes de variação foram considerados adequados ao teor de fósforo no limbo foliar, avaliados aos 43, 58, 73, 88 e 103 DAS, dessa forma indicando uma precisão experimental (FERREIRA, 2000). Os coeficientes de variação obtidos foram considerados médios de acordo Santos et al. (2008). Segundo o referido autor, os coeficientes de variação nos experimentos podem ser considerados: baixo: quando CV < 10%; médio quando CV estiver 10-20%; alto: quando CV > 20% < 30%; e muito alto quando o CV > 30%.

Tabela 53. Resumos das análises de variância e significância do teor de fósforo no limbo foliar da cultivar BRS Paraguaçu.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio				
		Dias Após a Semeadura (DAS)				
		43	58	73	88	103
Bloco	2	0,13 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,00 ^{ns}	9,01 ^{ns}
N	1	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,30 ^{ns}
P	1	0,69 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,00 ^{ns}
K	1	0,19 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,13 ^{ns}	52,59 ^{ns}
N*P	1	0,13 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,09 ^{ns}	5,46 ^{ns}
N*K	1	0,03 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,22 ^{ns}
P*K	1	1,29*	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,26*	41,94 ^{ns}
N*P*K	1	0,28 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,00 ^{ns}	7,49 ^{ns}
resíduo	14	0,18	0,15	0,10	0,05	17,19
CV (%)		11,35	12,03	10,44	9,41	13,80

ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey..

A absorção de nutrientes é diferente de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura, intensificando-se no florescimento, na formação e no crescimento dos frutos ou do órgão que será colhido, por isso, além da quantidade absorvida de nutrientes, deve ser considerada também, a sua concentração nos diferentes estádios de desenvolvimento (VITTI, et al., 1994; MALAVOLTA et al., 1997, MALAVOLTA, 2006). Segundo

Nakagawa e Neptune (1971), 1 t de bagas de mamona propicia uma exportação de 9 P₂O₅, em kg/ha.

O fósforo tem relação direta com o aumento da produção por favorecer o florescimento, enchimento e maturação dos grãos e, principalmente, no crescimento das raízes (MARSCHNER, 1995) que, para as condições do semi-árido brasileiro, é de extrema importância por favorecer a tolerância a períodos prolongados de seca.

Na Tabela 54, pode-se observar que aos 43 DAS, as dosagens de fósforo dentro dosagem K₂ e as dosagens de potássio dentro da dosagem P₂ tiveram efeito significativo. Aos 88 DAS, as dosagens de potássio em combinação com a dosagem P₁ também apresentaram diferença estatística no desdobramento da interação. Os maiores teores de fósforo no limbo foliar aos 43 DAP oscilaram de 3,53 a 4,33 g kg⁻¹ correspondentes aos tratamentos P₁K₂ - P₂K₂, enquanto que os menores teores ocorreram aos 88 DAS, variando de 2,35 a 2,71 g kg⁻¹, referentes aos tratamentos P₁K₂ e P₁K₁.

Ao comparar os resultados com os sugeridos como adequado por Malavolta et al. (1997) e Malavolta (2006) que oscilam de 3-4 g kg⁻¹ nas folhas da mamoneira, verifica-se que as plantas, tratadas com dosagens de NPK aos 43 DAS, encontravam-se com teores equilibrados de fósforo. Constatou-se também aos 88 DAS que os teores de P nas plantas, em plena frutificação, estavam em média 14,33% abaixo do nível crítico exigido pela cultura. Tem-se observado que o crescimento da mamona é paralisado sob forte deficiência de fósforo três dias após o elemento ser retirado do meio.

Tabela 54. Desdobramento da interação doses de fósforo x doses de potássio para o teor de fósforo no limbo foliar (g kg⁻¹) da mamoneira aos 43 e 88 DAS .

43 DAS		
Potássio		
Fósforo	K ₁ 150 (kg ha ⁻¹)	K ₂ (250 kg ha ⁻¹)
150 kg ha ⁻¹	3,81 aA	3,53 bA
250 kg ha ⁻¹	3,68 a B	4,33 aA
88 DAS		
Potássio		
Fósforo	K ₁ 150 (kg ha ⁻¹)	K ₂ (250 kg ha ⁻¹)
150 kg ha ⁻¹	2,71 aA	2,35 aB
250 kg ha ⁻¹	2,58 aA	2,64 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Nascimento (2009) obteve os seguintes teores de fósforo 8,4; 8,1; 6,9; 5,3;6,0; 7,5 e 9,0 g kg⁻¹ aos 17; 31; 45; 59; 73; 97 e 120 DAS para determinar os níveis do

nutrientes no híbridos de mamona Lyra, em sistema de plantio direto conduzidos em safra e safrinha no ano agrícola de 2006. Ao comparar com os teores obtidos nesta tese, verificou-se que estavam inferiores em todos os tratamentos estudados. Os teores de fósforo no limbo estavam inferiores aos $4,84 \text{ g kg}^{-1}$ apresentados por Costa et al. (2009 b) com a mesma cultivar aos 130 DAS, utilizando 1t/ha de torta de mamona. No entanto, percebeu-se também que os teores aos 88 DAS estavam inferiores aos $3,5 \text{ g kg}^{-1}$ computados por Chiaradia (2005) aos 60 a 70 DAS em mamoneira fertilizada com $75\text{-}80\text{-}40 \text{ kg ha}^{-1}$.

De acordo com os resultados da ANOVA na Tabela 55 pôde-se notar que aos 43 e 103 DAS, houve diferença significativa no teor de potássio, a nível de 1 e 5% de probabilidade para a interação: doses de nitrogênio x doses de potássio e para doses de nitrogênio, respectivamente.

Tabela 55. Resumos das análises de variância e significância do teor de potássio no limbo foliar da cultivar BRS Paraguaçu.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio				
		Dias Após a Semeadura (DAS)				
		43	58	73	88	103
Bloco	2	0,13 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
N	1	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,00 ^{**}
P	1	0,69 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,20 ^{ns}
K	1	0,19 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,08 ^{ns}
N*P	1	0,13 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,09 ^{ns}
N*K	1	0,03 [*]	0,05 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,06 ^{ns}
P*K	1	1,29 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,00 ^{ns}
N*P*K	1	0,28 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
resíduo	14	0,18	0,15	0,10	0,05	0,06
CV (%)		5,56	12,61	10,44	9,41	11,75

ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Houve diferença significativa aos 43 DAS no desdobramento da interação doses de nitrogênio x doses de fósforo e observa-se que o resultado de mais destaque ocorreu no tratamento N_2P_2 com valor de $29,91 \text{ g kg}^{-1}$ com uma superioridade de 12,27; 5,44 e 0,06% correspondentes aos tratamentos N_1P_2 , N_2P_1 e N_1P_1 , respectivamente. Notou-se também que, aos 103 DAS, a dosagem N_1 sobressaiu sobre a dosagem N_2 . Mesmo aumentando a dosagem em nitrogênio em 33,34% diminuiu o teor de potássio no limbo na ordem de 17,9% (Tabela 56). Esta diminuição está coerente com a literatura, pois Rosolem (2005) observou que, quando não havia K suficiente na planta, os teores deste nutriente na planta ficaram menores, assim que a disponibilidade de N era aumentada.

Tabela 56. Desdobramento da interação nitrogênio x potássio e para as doses de nitrogênio no teor de potássio no limbo foliar (g kg^{-1}) da mamoneira aos 43 e 103 DAS .

Nitrogênio	Fósforo	
	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)
43 DAS		
200 kg ha ⁻¹	29,72 a B	26,24 b A
300 kg ha ⁻¹	28,28 a A	29,91 a A
103 DAS		
200 kg ha ⁻¹	14,80 a	
300 kg ha ⁻¹	12,15 b	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, e maiúscula na linha, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey pelo teste de Tukey..

Para Malavolta et al. (1997) e Malavolta (2006), uma mamoneira adequadamente suprida com K deve conter de 30 a 40 g kg^{-1} no limbo foliar. As plantas, aos 43 e 103 DAS, estavam com teores abaixo deste nível. Verificou-se que, aos 103 DAS, em plena frutificação, as plantas encontravam-se com 59,5 e 50,6% abaixo do limite crítico exigido pela cultura, referente à dosagem N₂ e N₁. Para explicar os baixos teores de potássio aos 103 DAS, pode-se pensar que houve alta mobilidade desse nutriente na planta, como indicado por vários autores (MENGEL e KIRKBY, 2001; ROSOLEM, 2005; EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Os teores foram superiores aos 11,83 g kg^{-1} obtido por Chiaradia (2005) por ocasião do florescimento em mamoneira fertilizada com adubos minerais e água amoniacal como fonte de N. Tais teores foram superiores também aos 13,4-8,1 g kg^{-1} registrados por Nascimento (2009) aos 40 e 100 DAS, estudando a marcha de absorção de nutrientes no híbrido de mamona Lyra, e aos 6,1 g kg^{-1} apresentados por Costa et al. (2009 b) com a mesma cultivar em pleno florescimento, utilizando 4 t/ha de torta de mamona. Além disso, vale salientar que os teores aos 43 DAS foram superiores aos 19,92 g kg^{-1} apresentados por Moro (2008) aos 45 DAS com o híbrido Savana, adubando as plantas com 200 kg/ha de nitrogênio.

As adubações, bem como suas interações não afetaram significativamente o teor de cálcio na folha aos 58, 88 e 103 DAS; já, aos 43 DAS, a interação doses de nitrogênio x doses de fósforo e aos 73 DAS, as doses de potássio e as interações doses de nitrogênio x doses fósforo e doses de nitrogênio x doses de potássio ocasionaram efeito significativo sobre teor de Ca presente nas folhas (Tabela 57).

Tabela 57. Resumos das análises de variância e significância do teor de cálcio no limbo foliar da cultivar BRS Paraguaçu.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio				
		Dias Após a Semeadura (DAS)				
		43	58	73	88	103
Bloco	2	4,92 ^{ns}	17,60 ^{ns}	7,55 ^{ns}	8,99 ^{ns}	9,01 ^{ns}
N	1	4,28 ^{ns}	1,21 ^{ns}	1,90 ^{ns}	2,30 ^{ns}	0,30 ^{ns}
P	1	0,17 ^{ns}	0,30 ^{ns}	2,41 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,00 ^{ns}
K	1	0,47 ^{ns}	4,91 ^{ns}	10,30*	4,26 ^{ns}	52,59 ^{ns}
N*P	1	20,72*	2,74 ^{ns}	6,19*	0,01 ^{ns}	5,46 ^{ns}
N*K	1	6,86 ^{ns}	2,74 ^{ns}	9,21*	4,28 ^{ns}	1,22 ^{ns}
P*K	1	0,93 ^{ns}	1,22 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,47 ^{ns}	41,94 ^{ns}
A*B*C	1	0,48 ^{ns}	2,87 ^{ns}	5,16 ^{ns}	0,01 ^{ns}	7,49 ^{ns}
resíduo	14	2,90	3,59	1,35	3,45	17,19
CV (%)		11,69	13,49	9,32	14,17	13,80

ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 58 ao analisar o desdobramento da interação doses nitrogênio x doses de potássio, verificou-se que as doses nitrogênio dentro da dosagem K₁ aos 43 DAS diferiram estaticamente. Observou-se, também, que o melhor o teor de cálcio no limbo foliar ocorreu no tratamento N₂K₁ com valor médio de 15,41 g kg⁻¹ com uma superioridade de 12,54; 5,12 e 3,82 %, referente aos tratamentos N₁K₁, N₂K₂ e N₁K₂, respectivamente.

Tabela 58. Desdobramento das Interações doses de nitrogênio x doses de potássio e as doses de nitrogênio x doses de fósforo x doses de potássio no teor de cálcio no limbo foliar (g kg⁻¹) da mamoneira aos 43 e 73 DAS .

43 DAS				
Potássio				
Nitrogênio	K ₁ (150 kg ha ⁻¹)		K ₂ (250 kg ha ⁻¹)	
200 kg ha ⁻¹	13,49 bA		14,84 aA	
300 kg ha ⁻¹	15,41aA		14,62 aA	
73 DAS				
Potássio				
Nitrogênio	K ₁ (150 kg ha ⁻¹)		K ₂ (250 kg ha ⁻¹)	
	Fósforo		Fósforo	
	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)
200 kg ha ⁻¹	11,24 a Aα	11,77 a Aα	12,68 a Bα	15,44 a A β
300 kg ha ⁻¹	12,00 a Aα	12,36 a Aα	12,82 a Aα	11,69 b Aα

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Notou-se também aos 73 DAS que as doses de fósforo em combinação com o tratamento N₁K₂ e as doses de potássio dentro do tratamento N₁P₂ apresentaram

diferenças estatísticas. Verificou-se que as plantas, aos 73 DAS, o maior e o menor valor de teor de cálcio no limbo foliar, correspondentes a 15,44 g kg⁻¹ e 11,24 g kg⁻¹ foram obtidos com os tratamentos N₁P₂K₂ e N₁P₁K₁, respectivamente. Isto significou que aumentando as dosagens de NPK em 33,4 e 40%, houve um aumento 4,2 g kg⁻¹. Plantas de mamoneira nutricionalmente equilibradas em cálcio, conforme Malavolta et al. (1997) e Malavolta (2006), devem conter 15 – 25 g kg⁻¹ no limbo foliar. Dessa forma, as plantas aos 43 DAS nos tratamentos N₁K₁, N₂K₂ e N₁K₂ e aos 73 DAS em todos os tratamentos estudados estavam abaixo do nível crítico. Entretanto, aos 43 DAS no tratamento N₂K₁, as plantas estavam equilibradas em cálcio.

Em pesquisas conduzidas por Chiaradia (2005) com a cv Guarani, fertilizando as plantas com 75-80-40 kg ha⁻¹, observou-se que, entre 60 a 70 DAS, os teores de cálcio no limbo foliar encontrava na ordem de 10,58 kg ha⁻¹. Beltrão et al. (2006), trabalhando com a momoneira BRS 149 Nordestina em um solo com densidade do solo 1,4 g cm⁻³, observaram que o teor de cálcio na matéria seca da folha estava na ordem de 14,17 g kg⁻¹.

Através das análises de variância verificou que para a variável teor de magnésio no limbo foliar da mamoneira, aos 73 DAS, em função das dosagens de NPK, houve efeito significativo em nível de 5% de probabilidade para a interação doses de nitrogênio x doses de potássio (Tabela 59). Porém não houve efeito significativo aos 43, 58, 88 e 103 DAS para todos os fatores estudados.

Tabela 59. Resumos das análises de variância e significância do teor de magnésio no limbo foliar da cultivar BRS Paraguaçu.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio				
		Dias Após a Semeadura (DAS)				
		43	58	73	88	103
Bloco	2	1,53 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,69 ^{ns}
N	1	1,06 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,70 ^{ns}
P	1	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,89 ^{ns}
K	1	0,06 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,16 ^{ns}
N*P	1	0,48 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,71 ^{ns}
N*K	1	0,26 ^{ns}	0,09 ^{ns}	1,66*	0,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}
P*K	1	0,04 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,04 ^{ns}
A*B*C	1	0,04 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,43 ^{ns}
resíduo	14	0,37	0,18	0,23	0,56	0,54
CV (%)		8,41	6,51	7,56	11,09	9,98

ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade.

O magnésio é um elemento extremamente importante para o bom rendimento da cultura, sendo ativador de vários sistemas enzimáticos, participa ativamente da molécula de clorofila juntamente com o nitrogênio (BELTRÃO, 2003). Ao comparar as doses de nitrogênio em combinação com a dosagem K_2 e as dosagens de potássio dentro da dosagem N_1 , verificou-se efeitos significativos no desdobramento da interação doses de nitrogênio x doses de potássio no teor de magnésio no limbo foliar (Tabela 60).

Tabela 60. Desdobramento da Interação doses de nitrogênio x doses de potássio sobre o teor de magnésio no limbo foliar ($g\ kg^{-1}$) da mamoneira aos 73 DAS.

Nitrogênio	Potássio	
	$K_1(150\ kg\ ha^{-1})$	$K_2(250\ kg\ ha^{-1})$
200 $kg\ ha^{-1}$	6,18 a B	6,92 b A
300 $kg\ ha^{-1}$	6,37 a A	6,06 a A

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os teores de magnésio em função das doses NPK variaram de 6,92-6,06 $g\ kg^{-1}$ com média de 6,38 $g\ kg^{-1}$ entre os tratamentos estudados, porém com superioridade do tratamento N_1K_1 de 12,42; 10,69 e 7,94% referentes aos tratamentos N_2K_2 , N_1K_1 e N_2K_1 , respectivamente. Esses resultados superaram em 176; 154,8; 147 e 142,4% aos 2,5-3,5 $g\ kg^{-1}$ admitidos como adequados por Malavolta et al. (1997) e Malavolta (2006). Por outro lado, foram superiores aos 4,7; 3,85 e 3,43 $g\ kg^{-1}$ (CHIARADIA, 2005, MORO, 2008 e NASCIMENTO, 2009) encontrados em plantas de mamoneira por ocasião do florescimento. Os teores também foram inferiores aos 8,62 e 7,55 $g\ kg^{-1}$ encontrados por Costa et al., (2009 b) e Diniz neto (2008), em pleno floração com as cultivares Paraguaçu e Mirante 10, utilizando 2,41 t/ha de torta de mamona e 120-75-45 NPK/ha em plantio sequeiro, respectivamente.

Os resumos das análises de variâncias para os dados do enxofre no limbo foliar, avaliados aos 43, 58, 73, 88 e 103 DAS em função das doses de NPK aplicadas ao solo são apresentadas na Tabela 61. Aos 43, 58, 73 e 103 DAS, às doses de NPK não afetaram os teores de enxofre na folha, já a interação: doses de nitrogênio x doses de potássio aos 88 DAS, ocasionou efeito significativo sobre teores de S presentes na folha da mamoneira.

Tabela 61. Resumos das análises de variância e significância do teor de enxofre no limbo foliar da cultivar BRS 189 Paraguaçu.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio				
		Dias Após a Semeadura (DAS)				
		43	58	73	88	103
Bloco	2	0,052 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,016 ^{ns}
N	1	0,025 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,001 ^{ns}
P	1	0,009 ^{ns}	0,015 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,000 ^{ns}
K	1	0,000 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,018 ^{ns}
N*P	1	0,004 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,000 ^{ns}
N*K	1	0,019 ^{ns}	0,035 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,02*	0,005 ^{ns}
P*K	1	0,003 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,000 ^{ns}
N*P*K	1	0,004 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,001 ^{ns}
resíduo	14	0,009	0,009	0,003	0,00	0,004
CV (%)		10,20	16,46	9,28	11,69	8,51

ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade.

Para Kerbauy (2004), o enxofre tem importantes funções na planta através da ativação de enzimas diretamente ligadas a reações metabólicas, é um elemento componente de poderosos redutores desempenhando papel fundamental na desintoxicação da planta por radicais livres e metais pesados. O teores de enxofre variaram de 0,62 a 0,54 g kg⁻¹, relativos aos tratamentos N₁K₁ e N₁K₂ com média de 0,58 g kg⁻¹ (Tabela 62). Numa comparação com o nutriente na matéria seca do limbo foliar com a amplitude adequada (MALAVOLTA et al., 1997; MALAVOLTA, 2006) de 3 – 4 g kg⁻¹, observou-se que as plantas encontravam-se com expressiva deficiência em enxofre, 79,3; 79,67; 81,33 e 82% abaixo do limite crítico, correspondentes aos tratamentos N₁K₁, N₂K₂, N₂K₁ e N₁K₂, respectivamente. Pacheco et al. (2006a), realizando pesquisas com o objetivo de diagnosticar nutricionalmente a mamoneira para macronutrientes adubada com NPK, concluíram que para a obtenção de rendimentos superiores a 2.800 kg ha⁻¹ de bagas, o nível crítico para enxofre foi de 2,7 g kg⁻¹ de S.

Diniz Neto (2008), adubando a cultivar Mirante 10 com 120-75-45 NPK, por ocasião do florescimento, obteve 4,9 g kg⁻¹ de enxofre na folha. Já Nascimento (2009) com híbridos de mamona Lyra e Savana aos 73 DAS, detectou 6,9 e 8,1 g kg⁻¹ de enxofre na folha em sistema de plantio direto, conduzidos em safra e safrinha no ano agrícola de 2006. Comparando estes resultados com aqueles obtidos nessa tese, verificou-se que todos os valores de enxofre obtidos pelos autores, citados acima, foram menores que os obtidos na referida tese.

Tabela 62. Desdobramento da Interação doses de nitrogênio x doses de potássio sobre o teor de enxofre no limbo foliar (g kg^{-1}) da mamoneira aos e 88 DAS .

Nitrogênio	Potássio	
	$K_1(150 \text{ kg ha}^{-1})$	$K_2(250 \text{ kg ha}^{-1})$
200 kg ha^{-1}	0,62 aA	0,54 aA
300 kg ha^{-1}	0,56 aA	0,61 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A partir dos resultados, verificou-se que a acumulação de macronutrientes no limbo foliar da mamona BRS 149 Nordestina e BRS Paraguaçu obedeceu à sequência: $N > K > Ca > Mg > P > S$. As ordens dos macronutrientes corroboram com os apresentados por Nakagawa e Neptune (1971), Chiaradia (2005), Diniz Neto (2008), Silva et al. (2008), Moro (2008) com a cultivar mamona BRS 149 Nordestina, IAC 226 e Lyra, respectivamente. Por outro lado, ordem dos macronutrientes diferiram dos apresentados por Malavolta et al. (1997); Pacheco et al., (2006a); Malavolta (2006) e Nascimento (2009) que foram $N > K > Ca > P > Mg > S$; $N > K > Ca > P > Mg$ e $N > Ca > K > P > S > Mg$ nas folhas de mamoneira. Essas diferenças podem ser devidas à idade da planta, forma de manejo, genótipo estudado, tipo de solo e natureza climática, dentre outros.

4.9. Teores de nutrientes na semente da cultivar BRS 149 nordestina.

Os resultados das análises de variância para os teores de nutrientes na semente da cultivar BRS 149 Nordestina são apresentados na Tabela 63. Detectou-se efeito significativo ($p \leq 0,05$) das doses de nitrogênio e potássio e da interação doses de nitrogênio x doses de potássio para o teor de nitrogênio e potássio na semente. Também foi constatada diferença estatística para teor de fósforo na semente para as doses de fósforo e a interação doses de fósforo x doses de potássio. A interação doses de nitrogênio x doses fósforo apresentou efeito significativo ($P \leq 0,05$) no teor de cálcio na semente. Já, em relações as variáveis teores de magnésio e enxofre na semente, constatou-se efeito significativo das doses de potássio e fósforo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Tabela 63. Resumos das análises de variância e significância do teor de nutrientes na mamona BRS 149 Nordestina.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio					
		Dias Após a Semeadura (DAS)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	2	47,85 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1,93 ^{ns}	32,70 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,003 ^{ns}
N	1	163,85*	0,38 ^{ns}	5,06 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,005 ^{ns}
P	1	2,56 ^{ns}	1,80*	3,06 ^{ns}	3,17 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,022*
K	1	21,03 ^{ns}	0,49 ^{ns}	10,56*	20,51 ^{ns}	1,04*	0,006 ^{ns}
N*P	1	91,29 ^{ns}	0,19 ^{ns}	5,06 ^{ns}	111,93*	0,08 ^{ns}	0,000 ^{ns}
N*K	1	117,35*	0,03 ^{ns}	27,56*	2,38 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,000 ^{ns}
P*K	1	3,50 ^{ns}	1,82*	1,56 ^{ns}	19,56 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,000 ^{ns}
N*P*K	1	13,81 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,56 ^{ns}	40,37 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,000 ^{ns}
resíduo	14	23,09	0,27	2,22	15,00	0,15 ^{ns}	0,003
CV (%)		16,33	11,31	18,34	24,43	6,35	16,71

ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade.

Pode-se observar pela Tabela 64 que os maiores teores de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, cálcio e enxofre na semente foram obtidas nos tratamentos N₁K₁, P₁K₂, N₁K₁, N₁P₁, K₂ e P₂, com médias de 34,32; 5,06; 5,62; 18,46; 6,01 e 0,39 g kg⁻¹ e os menores teores nos tratamentos N₂K₁, P₂K₂, N₁K₂, N₁P₁, K₁ e P₁, cujos teores foram de 25,19; 3,96; 2,15; 13,42; 5,59 e 0,33 g kg⁻¹, respectivamente. Os teores obtidos apresentam a seguinte seqüência crescente: N > Ca > Mg > P > K > S, com teores médios de 29,42; 15,71; 5,8; 4,65; 3,42 e 0,36 g kg⁻¹.

Comparativamente os teores de nutrientes de mamona cultivar Guarani na semente diferiram dos apresentados por Nakagawa et al. (1979) os quais se configuram pela sequencia: N > K = Ca > P > Mg; o que representa, respectivamente, os teores de 33,5; 3,60; 3,57 e 3,17 g kg⁻¹. Souto (2007) apresenta outra seqüência de macronutrientes na semente de mamona híbrido Lyra: N > P > K > Mg > Ca com teores de 25,9; 5,74; 4,78; 3,68 e 3,1 g kg⁻¹.

Tabela 64. Teor de nutrientes na semente de mamona BRS Nordestina em função das doses de NPK.

N		
Potássio		
g kg ⁻¹		
Nitrogênio	K ₁ (150 kg ha ⁻¹)	K ₂ (250 kg ha ⁻¹)
200 kg ha ⁻¹	34,32 a A	29,76 a B
300 kg ha ⁻¹	25,19 b A	28,44 a A
P ₂ O ₅		
Potássio		
Fósforo	K ₁ (150 kg ha ⁻¹)	K ₁₂ (250 kg ha ⁻¹)
150 kg ha ⁻¹	4,80 a A	5,06 a A
250 kg ha ⁻¹	4,80 aA	3,96 bB
K		
Potássio		
Nitrogênio	K ₁ (150 kg ha ⁻¹)	K ₁₂ (250 kg ha ⁻¹)
200 kg ha ⁻¹	5,62 aA	2,15 aB
300 kg ha ⁻¹	2,55 bA	3,37 aA
Ca		
Fósforo		
Nitrogênio	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)
200 kg ha ⁻¹	13,42 a B	18,46 aA
300 kg ha ⁻¹	17,29 aA	13,69 aA
Potássio		Mg
150 kg ha ⁻¹		5,59 b
250 kg ha ⁻¹		6,01 a
Fósforo		S
150 kg ha ⁻¹		0,33 b
250 kg ha ⁻¹		0,39 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.10. Teores de nutrientes na semente de mamona BRS 189 Paraguaçu.

Na Tabela 65, são apresentados os resumos das análises de variância dos dados de teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na semente de mamona BRS 188 Paraguaçu obtidos dos cachos primários, secundários e terciários, indicando que não houve efeito significativo pelo teste de F. Esses resultados corroboram os constatados por Souto (2007), ao estudar os híbridos Lyra e Savana, pois não detectou diferença estatística no teor de nutriente na semente. A ausência de significância pode estar relacionada a que as plantas, em pleno frutificação, estavam com os teores de macronutrientes na folha abaixo do nível crítico exigido pela cultura-período de maior translocação dos nutrientes das folhas para os órgãos reprodutivos.

Tabela 65. Resumos das análises de variância e significância do teor de nutrientes na mamona BRS 149 Nordestina.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio					
		Dias Após a Semeadura (DAS)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	2	17,83 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1,00 ^{ns}	9,85 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
N	1	13,42 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,00 ^{ns}	2,47 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,00 ^{ns}
P	1	87,43 ^{ns}	0,34 ^{ns}	1,00 ^{ns}	22,19 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,00 ^{ns}
K	1	118,85 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,00 ^{ns}	2,47 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,00 ^{ns}
N*P	1	9,69 ^{ns}	0,13 ^{ns}	1,00 ^{ns}	39,52 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,00 ^{ns}
N*K	1	44,36 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	22,19 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,00 ^{ns}
P*K	1	55,84 ^{ns}	0,35 ^{ns}	4,00 ^{ns}	22,19 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,00 ^{ns}
N*P*K	1	29,27 ^{ns}	0,49 ^{ns}	1,50 ^{ns}	44,68 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,00 ^{ns}
resíduo	14	17,83	0,32 ^{ns}	1,00	9,85	0,00	0,00 ^{ns}
CV (%)		17,38	14,43	16,54	21,65	13,65	11,10
Média (g kg ⁻¹)		31,13	4,85	2,96	20,38	5,92	0,33

ns= não significativo; **= significativo ao nível de 1% de probabilidade; *= significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Os teores de macronutrientes nas sementes de mamona BRS 188 Paraguaçu obedeceram a seguinte ordem crescente: N > Ca > Mg > P > K > S, com teores de 31,13 > 20,38 > 5,92 > 4,85 > 2,96 > 0,33 g kg⁻¹. Estes resultados discordam dos registrados por Nascimento (2009) com teores de macronutrientes nas sementes, tanto em safra como em safrinha, no híbrido Lyra, obedecendo a sequência de N>P>K>S>Ca>Mg, com teores, respectivamente, de 34,7>14,29>7,43>5,67>4,74>3,75 g kg⁻¹ na safra e 41,25>15,23>9,05>7,05>4,17>3,84 g kg⁻¹ na safrinha.

4.11. Proteína bruta e teor de óleo na semente da cultivar BRS 149 Nordestina.

As doses de nitrogênio exerceram influência significativa sobre a percentagem de proteína bruta (Tabela 66).

Tabela 66. Resumos das análises de variância e significância da Proteína Bruta e do Teor de óleo da matéria seca da semente da cultivar BRS 149 Nordestina.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio	
		Proteína bruta	Teor de óleo
Bloco	2	30,21 ^{ns}	9,83 ^{ns}
N	1	72,34 ^{**}	91,65 ^{**}
P	1	27,79 ^{ns}	73,01 ^{**}
K	1	0,19 ^{ns}	103,33 ^{**}
N*P	1	11,91 ^{ns}	0,30 ^{ns}
N*K	1	18,99 ^{ns}	0,00 ^{ns}
P*K	1	0,19 ^{ns}	5,58 ^{ns}
N*P*K	1	4,88 ^{ns}	83,62 ^{**}
Resíduo	14	6,86	8,00
CV (%)		10,22	8,10

**= ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O maior percentual da proteína bruta esboçado na Figura 10, foi verificado nas sementes tratadas com a dosagem N₂ com valor médio de 27,38%, portanto, um aumento de 100 kg de N ha⁻¹ correspondeu a um incremento de 3,47%, ou seja, correspondeu a 23,91% da proteína bruta com a dosagem N₁.

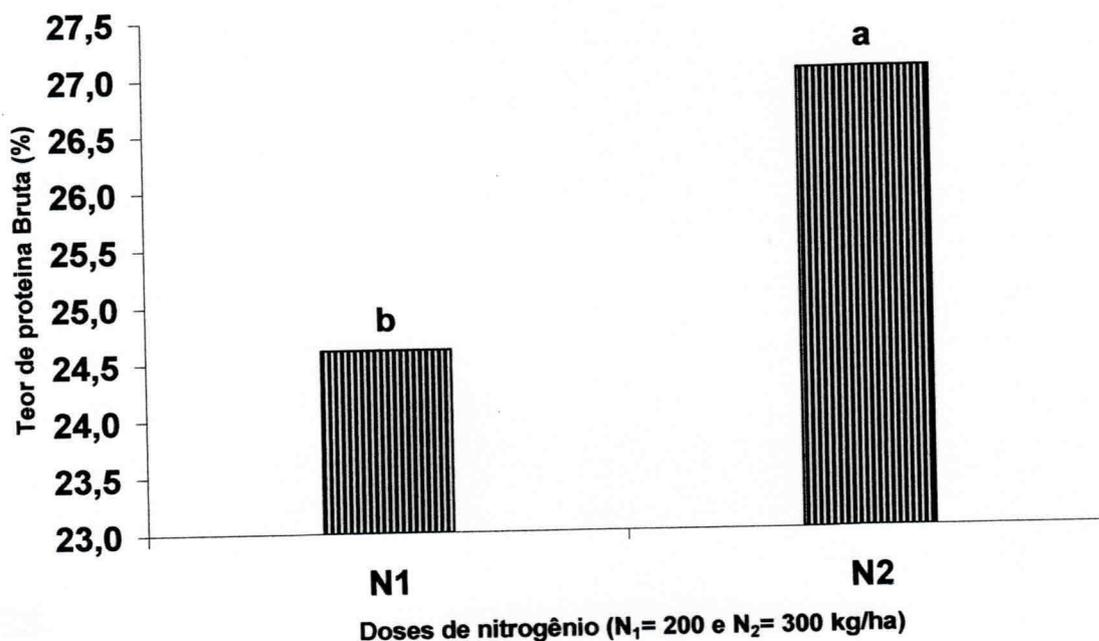


Figura 10. Teor de proteína bruta (%) na semente de mamona em função das doses de nitrogênio. (Médias com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey).

Os resultados de pesquisa a respeito do teor de proteína nas sementes de mamona ainda são escassos na literatura, mas Machado (2007), avaliando a produção do teor de proteína das sementes da cultivar AL Guarany 2002, armazenado ao 0, 3 e 6 meses, detectou os seguintes resultados: 16,96; 17,18 e 16,9%. No entanto, esse autor afirmou que a composição química das sementes de mamona, em função do racemo na planta e do fruto no racemo, pode ser atribuída às características genéticas de cada cultivar.

As doses de nitrogênio, fósforo e potássio e a interação entre doses de nitrogênio x doses de fósforo x doses de potássio produziram efeito significativo a 1% de probabilidade para o teor de óleo na matéria seca da semente (Tabela 66). Esse quadro reflete resultados obtidos por Silveira (2008) que também observou efeito significativo das doses de nitrogênio e potássio e das interações entre N x água bruta e efluente tratado; K x água bruta e efluente tratado; e N x K x água bruta e efluente tratado sobre o teor de óleo da semente. Silva et al. (2007) não constataram diferença estatística das doses crescente de nitrogênio (0, 30, 60, 90 kg ha⁻¹) no teor de óleo da semente da cultivar BRS 149 Nordestina. Da mesma forma Severino et al. (2006a) não encontraram diferença significativa no teor de óleo da mamoneira em função das populações de plantas, adubação orgânica e fertilização com N mineral.

O teor de óleo das sementes variou de 27,67 a 42,95%, referentes aos tratamentos N₁P₁K₁ e N₂P₂K₂, respectivamente, com média de 34,93%. Deduz-se a partir dos resultados obtidos que um aumento de 100 kg ha⁻¹ de NPK proporcionou um incremento no teor de óleo da semente na ordem de 15,28% (Tabela 67). Apesar disso, os resultados observados foram menores do valor de 48,9%, considerado este, como o teor adequado de óleo das sementes (BELTRÃO et al., 2006; GONÇALVES et al., 2007). Com base nesse teor, observou-se que as sementes nos tratamentos N₁P₁K₁ e N₂P₂K₂ apresentaram uma deficiência de óleo de 21,23 e 5,95% , respectivamente, abaixo do valor considerado ideal.

Tabela 67. Desdobramento da interação das doses de nitrogênio x doses de fósforo x doses de potássio sobre a % óleo da semente.

Nitrogênio	Potássio			
	K ₁ (150 kg ha ⁻¹)		K ₂ (250 kg/ ha ⁻¹)	
	Fósforo		Fósforo	
	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)	P ₁ (150 kg ha ⁻¹)	P ₂ (250 kg ha ⁻¹)
200 kg ha ⁻¹	27,67 b B α	34,15 a a A α	34,58 a A β	35,53 b A α
300 kg ha ⁻¹	35,53 a A α	34,10 a A α	34,99 a B α	42,95 a A β

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Silveira (2008) trabalhando com a mesma cultivar com doses crescentes de nitrogênio (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) e potássica (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹), obteve os maiores teores de óleo durante a irrigação (61,27 e 60,89%) com os tratamentos N₀K₂ e N₂K₂.

4.12. Proteína bruta e teor de óleo na semente da cultivar BRS 189 Paraguaçu

As doses de nitrogênio tiveram efeitos significativos ao nível 1 e 5% de probabilidade, na proteína bruta e teor de óleo da semente da cultivar BRS 188 Paraguaçu, respectivamente (Tabela 68). Esses resultados discordaram de Canecchio Filho et al. (1963) os quais, conduzindo ensaios de adubação em cinco regiões do Estado de São Paulo, observaram que o teor de óleo das sementes não foi afetado pela aplicação de fertilizantes. Diniz Neto (2008), com a cultivar Mirante, também não observou diferença estatística das dosagens crescentes NPK no teor de óleo da semente.

Tabela 68. Resumos das análises de variância e significância da proteína Bruta e Teor de óleo em 100% de matéria seca da semente da cultivar BRS 189 Paraguaçu.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio	
		Proteína bruta	Teor de óleo
Bloco	2	7,21 ^{ns}	4,20 ^{ns}
Nitrogênio	1	35,94**	39,99*
Fósforo	1	0,26 ^{ns}	0,55 ^{ns}
Potássio	1	15,28 ^{ns}	5,43 ^{ns}
N*P	1	1,78 ^{ns}	29,39 ^{ns}
N*K	1	0,94 ^{ns}	0,77 ^{ns}
P*K	1	12,60 ^{ns}	2,30 ^{ns}
N*P*K	1	0,05 ^{ns}	17,03 ^{ns}
resíduo	14	3,43	6,91
CV (%)		7,18	7,65
Nitrogênio		Médias (%)	
N ₁ (200 kg/ha)		24,61b	33,08 b
N ₂ (300 kg/ha)		27,05 a	35,66 a
DMS		1,62	2,30

ns= não significativo; **= ao nível de 1% de probabilidade; *= ao nível de 5% de probabilidade.

A dosagem N₂ sobressaiu a dosagem N₁ com um incremento na ordem de 2,44 e 2,58% com amplitude de 24,61 - 27,05 e 33,08-35,66%, para a proteína bruta e óleo da semente de mamona, respectivamente (Tabela 68).

Freire et al. (2006) observaram um conteúdo de proteína bruta da semente de mamona de 17,9%. Comparativamente, os teores obtidos, nessa tese, no foram 37,48 e 51,11% superiores ao dos referidos autores, mas os mesmos afirmaram que a composição química da semente pode variar conforme as características genéticas da cultivar e o manejo e as condições ambientais.

O teor de óleo da semente da cultivar BRS 188 Paraguaçu, considerado ideal, corresponde, em média, a 47,72% (BELTRÃO et al., 2006; GONÇALVES et al., 2007). Com base neste teor ideal, os teores do presente trabalho foram 14,64 e 12,06% abaixo do nível adequado. Severino et al. (2006a) trabalhando com a mesma cultivar, em três localidades diferentes (Carnaubais, Maranguape, Quixeramobim-CE), obtiveram os seguintes teores de óleo na semente: 44,9; 48,5 e 46% com média de 46,5%.

5. CONCLUSÕES

- As doses de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas foram insuficientes ao crescimento e produção da BRS Nosdestina e Paraguaçu.
- O nitrogênio foi o nutriente que promoveu o maior crescimento e produção das duas cultivares estudadas.
- As cultivares, em plena frutificação, apresentara-se deficientes em nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e enxofre e com elevados teores de magnésio.
- O teor de óleo nas sementes foi baixo, inclusive inferior ao valor mínimo exigido. Embora o nitrogênio influenciou significativamente os teores de óleo da planta.
- O aumento das doses de nitrogênio estimularam a produção de proteína bruta, obtendo-se o maior teor com a maior dose de nitrogênio.

6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JUNIOR, A. B.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; LINHARES, P. C. F. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 217-221, 2009.
- ALVES, F. M.; SOARES, D. Z.; TEIXEIRA, N. T. Resposta da Cultura da Mamona (*Ricinus communis* L.) à Adubação com Fósforo, Potássio, Boro e Zinco In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32, 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: O Solo e a produção de bionergia: Perspectivas e Desafios, 2009. CDROM
- ALVIN, P. R. T. **Los factores de la productividad agrícola**. Lima: ILCA. 20 p. 1962.
- AMORIM NETO, M. S.; ARAÚJO, A. E.; BELTRÃO, N. E. M. Clima e solo. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 37-61.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M.S (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, p. 253-280, 2006.
- ARAUJO, D. L. **Adubação N P K no comportamento agrônômico da mamona cultivar BRS 149 Nordestina em ambiente protegido**. 2010. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.
- ARAÚJO, D. L.; CHAVES, L. H. G.; MESQUITA, E. F.; FRANÇA, C. P. Crescimento da Mamona BRS-149 Nordestina adubada com doses crescentes de N, P e K In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32, 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: O Solo e a produção de bionergia: Perspectivas e Desafios, 2009 a. CDROM.
- _____. P. Produção e Fitomassa da Mamoneira BRS Nordestina adubada com NPK In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32, 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: O Solo e a produção de bionergia: Perspectivas e Desafios, 2009 b. CDROM.
- 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 – CNPA, 1997. 52p. (EMBRAPA-CNPA, Circular Técnica, 25).

BARBOSA, Z.; CARVALHO, J. G.; MORAIS, A. R. Fósforo e zinco na nutrição e crescimento da aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) I. Características de crescimento das plantas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 21, p. 196-204, 1997.

BARROS JUNIOR, G.; GUERRA, H. O. C.; CAVALCANTI, M. L. F.; LACERDA, R. D. Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 4, p.350-355, 2008.

BELTRÃO, N. E. M. **Crescimento e desenvolvimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. 4p. (Comunicado Técnico, 146).

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO (Ed.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: EMBRAPA ALGODÃO, 2007. p.117- 137.

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, R. L. S.; QUEIROZ, W. N.; QUEIROZ, W. C. Ecofisiologia. 2ª ed. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: EMBRAPA ALGODÃO, 2007. Cap. 2, p.42-72.

BELTRÃO, N. E. M.; CARTAXO, W. V.; PEREIRA, S. R.; SOARES, J. J.; SILVA, O. R. R. **O cultivo sustentável da mamona no semi-árido brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 62 p. (Cartilha, 1).

BELTRÃO, N. M.; GONDIM, T. M. S. **Cultivo da mamona**. Versão eletrônica, EMBRAPA ALGODÃO, v. 4, 2. ed. set. 2006.

Disponível:http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/adubacao.html. Acesso: 13 de julho de 2009.

BELTRÃO, N. E. M.; GONDIM, T. M. S.; PEREIRA, J. R.; SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D. Estimativa da produtividade primária e partição de assimilados na

cultura da mamona no semi-árido brasileiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 9, n. 1/3, p.925-930, 2005.

BELTRÃO, N. E. M.; GONDIM, T. M. S.; VASCONCELOS, R. A.; CARDOSO, G. D.; SANTOS, J. W.; FERREIRA, G. B. Comparativo entre sistemas de plantio de mamona cv. BRS Nordestina: mudas vs sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. Energia e Sustentabilidade. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.

BELTRÃO, N. E. M.; MELO, F. B., CARDOSO, G. D., SEVERINO, L. S. **Mamona: árvore do conhecimento e sistemas de produção para o Semi-Árido Brasileiro**. Campina Grande: EMBRAPACNPA, 2003. 19 p. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 70).

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. **Fibras e Óleos**, v. 3, n. 1, p.7, 1999.

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

CANECCHIO FILHO, V.; ROCHA, J.L.V.; FREIRE, E.S. Adubação da mamoneira: III. Experiências com doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio. **Bragantia**, v.22, p.765-776, 1963.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. N.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTI, R. B.; NEVES, J. C. L (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, p. 375- 470. 2007.

CAPISTRANO, I. R. N. **Desenvolvimento inicial da mamoneira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica**. 2007. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2007.

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

CHIARADIA, J. J. **Avaliação agrônômica e fluxo de gases do efeito estufa a partir de solos tratados com resíduos e cultivados com mamona (*Ricinus communis* L.) em área de reforma de canavial**. 2005. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) –

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

CHIERICE, G. O.; CLARO NETO, S. C. Aplicação Industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTÃO, N. E. M (Ed.). **Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: EMBRAPA ALGODÃO, 2007. 505 p.

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

CORRÊA, M. L. P.; FERNANDES, F. J. A.; PITOMBEIRO, J. B. Comportamento de cultivares de mamona em sistemas de cultivo isolados e consorciados com caupi e sorgo granífero. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p.200-207, 2006.

COSTA, F. E.; DANTAS, D. A.; SOARES, C. S.; MAGALHÃES, I. D.; ALMEIDA, A. E.S.; SILVA, S. D.; BEZERRA, H. M.; MEDEIROS, Y. F. Avaliação da fitomassa seca de cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.) nas condições edafoclimáticas de Catolé do Rocha-PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32, 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: O Solo e a produção de bionergia: Perspectivas e Desafios, 2009 a. CDROM.

COSTA, F. X.; NUNES JÚNIOR, E. S.; BELTRÃO, N. E. M.; LIMA, V. L. A. Análise foliar da mamoneira com ênfase nos macronutrientes utilizando lixo orgânico e torta de mamona. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 6, n. 3, p. 205-219, 2009 b.

COSTA, F. X. **Características agronômicas da mamoneira influenciados pela fertilização orgânica e densidade global do solo: Um enfoque de sustentabilidade**. 2008. 96 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

CURTARELLI, L. M. N.; CARVALHO, L. L. T.; MORO, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Adubação fosfatada e crescimento radicular de híbridos de mamona. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007, Gramados. Conquistas e desafios de ciência do solo. 2007. Gramados. **Anais....** 2007. CD

DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; ALOVISI, A. A.; MAZZOCHIN, L.; TOKURA, A. M.; PINHEIRO, E. R.; SOUZA, E. F. Aplicação de fósforo em mudas de *Acácia mangium* Willd. **Revista Árvore**, v. 21, p.163-168, 1997.

DINIZ NETO, M. A. **Holística na mamoneira: cultivares, época de plantio, adubação Mineral e ambiente**. 2008. 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2008.

DINIZ NETO, M. A.; TÁVORA, F. J. F.; LINDBERGUE, A. C.; DINIZ, B. L.M.T. Adubação NPK e épocas de plantio para mamoneira. II - Componentes das fases vegetativas e reprodutivas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 3, p. 417-427, 2009.

DINIZ, B. L. M. T. **Crescimento e desenvolvimento da mamoneira em função da poda e da densidade populacional**. 2008. 125 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2008.

EMBRAPA ALGODÃO, **BRS – 149 Paraguaçu**. Campina Grande. EMBRAPA ALGODÃO, 2006. 1 folder.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ed. rev. atual, Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA – CNPS. Documentos,1)

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2 ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

FERREIRA, G. B.; MENDONÇA, R.V.; SILVA, S. P.; CRONEMBOLD, P.; MOURÃO JÚNIOR, M. Variação do crescimento vegetativo e produtivo de alguns genótipos de mamona em diferentes populações de cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracajú. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. CDROM.

FERREIRA, G. B.; SANTOS, A. C. M.; XAVIER, R. M; FERREIRA, M. M. M. F; SEVERINO, L. S; BELTRÃO, N. E. M.;MORAES, 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. Energia e Sustentabilidade. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CDROM.

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

FREIRE, R. M. M., SEVERINO, L. S.; MACHADO, O. L. T. Ricinoquímica e Coprodutos. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F (Editores). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão (Informação Tecnológica) P. 451-473, 2006. 505 p.

GARRIDO, M. S.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; MARQUES, T. R. R. Crescimento e absorção de nutrientes pelo algodoeiro e pela mamoneira adubados com glicírdia e esterco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 5, p. 531-536, 2009.

GONÇALVES, N. P.; SATURNINO, H. M.; OLIVEIRA, R. N.; FARIA, A. R. V.; SILVA, H. P.; SÁ, R. N. Mamona (*Ricinus communis* L.). In: PAULA JUNIOR, T. J.; VENZO, N. M. (Cord.). **101 Culturas: Manual de Tecnologia Agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 479-482.

GUIMARÃES, M. M. B.; BELTRÃO, N. E. M.; LIMA, V. L. A.; COSTA, F. X.; SANTOS, J. S.; LUCENA, A. M. A. Fontes de fertilizantes e seus efeitos no crescimento da mamoneira. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 5, n. 3, p. 203-219, 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.

JOLY, A. B. **Botânica: Introdução à taxonomia vegetal**. 13 ed., São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002. 777p.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal. Nutrição Mineral**. São Paulo: Guanabara Koogan S. A., 2004. Cap.2. p. 41-93.

- LACERDA, R. D. **Resposta da mamoneira BRS 188 - Paraguaçu a diferentes níveis de água e matéria orgânica no solo**. 2006. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.
- LANGE, A.; MARTINES, A. M.; SILVA, M. A. C.; SORREANO, M. C. M.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar 'Iris'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n.2, p. 61-67, 2005.
- LAVRES JÚNIOR, J.; BOARETTO R. M.; SILVA, M. L. de S.; CORREIA, D.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 2, p. 145-151, 2005.
- LAVRES JUNIOR, J.; NOGUEIRA, T.; CABRAL, C.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no crescimento e na produção da mamoneira cultivar Íris. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, p. 405-413, 2009.
- LIMA, J. F. **Tamanho ótimo de parcela, alocação de fitomassa e crescimento de mamoeiro em casa de vegetação**. 2006. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas. 2006.
- MACHADO, C. G. **Posição do racemo, do fruto e armazenamento na qualidade de Sementes de mamona (*Ricinus communis* L.)**. 2007. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Paulista, Botucatu. 2007.
- 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. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G.(editores). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba. IPNI Brasil, p. 189 – 238. 2007

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e Aplicações**. 2 ed. rev. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London, Academic Press, 1995. 889p.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; SANTANA, E.; BORGHI, E. Adubação nitrogenada em híbridos de mamona no sistema de semeadura direta In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32, 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: O Solo e a produção de bionergia: Perspectivas e Desafios, 2009. CD

MELHORANÇA, A. L.; STAUT, L. A. **Indicações Técnicas para a Cultura da Mamona**. Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 15p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Dordrecht / Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S (Cord.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: SBCS, p. 281-298, 2006.

MORO, E. **Manejo da adubação nitrogenada em híbridos de mamona de porte baixo cultivados na safra e na safrinha em sistema plantio direto**. 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Paulista, Botucatu. 2008.

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

NAKAGAWA, J.; LEVORATO, E.; BOARETTO, A.E. Efeito de doses crescentes de termofosfato na presença e ausência de micronutrientes em dois cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.). **Científica**, v.14, p.55-64, 1986.

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.

NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A. M. L.; JAEHN, A. Efeito isolado e combinado de nitrogênio, fósforo e potássio em mamoneira (*Ricinus communis* L.), cultivares IAC-38 e Campinas. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v.31, p.233-241, 1974.

NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A. M. L.; POLASTRE, R.; SAVY NETO, A. Efeitos de doses de fósforo em mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivar Guarani. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v.36, p.331-361, 1979.

NASCIMENTO, M. S. **Marcha de absorção de nutrientes em dois híbridos de mamona de porte baixo**. 2009. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Paulista, Botucatu. 2009.

NOBRE, J. G. A.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; VIANA, T. V. A.; MOREIRA, L. G.; LIMA, A. D.; SOUSA, G. G. Adubação fosfatada na cultura da mamoneira em Fortaleza, CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007, Gramados. Conquistas e desafios de ciência do solo. 2007. Gramados. **Anais....** 2007. CDROM.

OLIVEIRA, A. B. QUEIROZ, J. A.; MENEZES, C. H. S. G.; CARTAXO, W. V.; SUASSUNA, N. D. **Efeito do tempo de embebição em água e remoção da carúncula na germinação de semente de mamona (*Ricinus comunis*)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA – Energia e Sustentabilidade, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. p.123-128.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA FILHO, A. F.; MEDEIROS, J. F.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; LINHARES, P. C. F. Desenvolvimento inicial da mamoneira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. **Revista Caatinga**. v. 22, n. 1, p. 206-211, 2009.

PACHECO, D. D.; GONÇALVES, N. P.; SATURNINO, H. M.; SANTOS, A.; LOPES, H. F.; RIBEIRO, D. P.; PINTO, D. B.; DOURADO, C. Disponibilidade de nutrientes para mamoneira adubada com npk em solo de chapada da bacia do rio jequitinhonha In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracajú. **Anais...** Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006 a. CDROM.

PACHECO, D. D.; GONÇALVES, N. P.; SATURNINO, H.; ANTUNES, P. D. Produção e disponibilidade de nutrientes para mamoneira (*Ricinus communis*) adubada com NPK. **Revista de biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 1, p. 153-160, 2008.

PACHECO, D. D.; SATURNINO, H. M.; GONÇALVES, N. P.; SANTOS, D. A.; LOPES, H. F.; ALMEIDA JÚNIOR, A. A.; 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, 2006 b. CDROM.

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

PRATA, F. C. **Mamona. Principais culturas do Nordeste**. Fortaleza: Imprensa Universitária do Ceará, 1969. p. 139-152.

RIBEIRO, S. **Resposta da mamona, cultivar BRS - 188 Paraguaçu, à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio**. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2008.

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

RODRIGUES, L.; NERY, A. R.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. M.; CHEYI, H. R. Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, supl., P.825-835, 2009.

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. CDROM.

PACHECO, D. D.; GONÇALVES, N. P.; SATURNINO, H.; ANTUNES, P. D. Produção e disponibilidade de nutrientes para mamoneira (*Ricinus communis*) adubada com NPK. **Revista de biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 1, p. 153-160, 2008.

PACHECO, D. D.; SATURNINO, H. M.; GONÇALVES, N. P.; SANTOS, D. A.; LOPES, H. F.; ALMEIDA JÚNIOR, A. A.; 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, 2006 b. CDROM.

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

PRATA, F. C. **Mamona. Principais culturas do Nordeste**. Fortaleza: Imprensa Universitária do Ceará, 1969. p. 139-152.

RIBEIRO, S. **Resposta da mamona, cultivar BRS - 188 Paraguaçu, à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio**. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2008.

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

RODRIGUES, L.; NERY, A. R.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. M.; CHEYI, H. R. Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, supl., P.825-835, 2009.

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. CDROM.

RODRIGUES, R. F. O.; OLIVEIRA, F.; FONSECA, A. M. As folhas de Palma Christi – *Ricinus communis* L. Euphorbiaceae Jussieu. **Revista Lecta**, Bragança Paulista, v. 20, n. 2, p. 183-194. 2002.

ROJAS, A. I.; NEPTUNE, A. M. L. Efeitos dos macronutrientes e do ferro no crescimento e composição química da mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivada em solução de nutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 28, p.31-67, 1971.

ROSOLEM, C. Interação do potássio com outros íons. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds). **Potássio na agricultura brasileiro**. Piracicaba: Potafos, p. 239-256, 2005.

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. CDROM.

SANTOS, C. M. S.; R. A.; XAVIER, R. M.; FERREIRA, M. M. M. F.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. 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. Energia e Sustentabilidade. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CDROM

SANTOS, J. W.; ALMEIDA, F. A. C.; BELTRÃO, N. E. M.; CAVALCANTI, F. B. **Estatística Experimental aplicada**. 2 ed. Campina Grande: Embrapa algodão/UFCG, p. 461, 2008.

SANTOS, M. B. H. **Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com resíduos orgânicos**. 2008. 82 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

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

SAVY FILHO, A. **Mamona: tecnologia agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. 105 p.

SEARA (Fortaleza, CE). **Projeto recuperação da cotonicultura estadual**. Fortaleza, 1989. p.32-39.

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S. do; SANTOS, J. W. dos. **Método para determinação da área foliar da mamoneira**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 20 p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 55 .

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, 2006 b.

SEVERINO, L. S.; MORAES, R. A.; FERREIRA, M. G.; CARDOSO, D.; BELTRÃO, N. E. M.; VIRIATO, G. R. Adubação Química Da Mamoneira Com N-P-K e Micronutrientes em Assu, RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: ENERGIA E SUSTENTABILIDADE, 1, 2004. Campina Grande. Energia e Sustentabilidade. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004 a. CDROM

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, 2006 a. 19 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 62).

SEVERINO, L. S.; SANTOS, F. D. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; SAMPAIO, L. R.; FREIRE, M. A. O.; SILVA, D. M. A.; SOFIATTI, V.; BELTRÃO, N. E. M. Descrição dos sintomas visuais de deficiência nutricional na mamoneira. Nitrogênio, fósforo, enxofre e magnésio In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3, 2008, Salvador. **Anais...** Salvador: SAGRI, Embrapa Algodão, 2008 . CDROM.

SILVA, D. F.; FERRO, J. H. A.; TRINDADE, R. C. P.; OLIVEIRA, M. W.; COSTA, J. V.; CALHEIROS, A. S. Estado nutricional e acúmulo de nutrientes em mamoneira submetidas a Diferentes doses de fósforo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

MAMONA, 3, 2008, Salvador. **Anais...** Salvador: SAGRI, Embrapa Algodão, 2008. CDROM.

SILVA, D. H. Boro em mamoeiro: **Aspectos morfológicos e fisiológicos relacionada na deficiência e toxicidade**. 2007.103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências: Energia Nuclear na agricultura e meio ambiente) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análises de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2002. 165 p.

SILVA, M. T.; AMARAL, J. B.; PEREIRA, T. B. B. Época de semeadura para a mamona no estado da Paraíba, segundo o zoneamento de riscos climáticos In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006, Aracajú. **Anais...** Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006. CD.

SILVA, S. M. S.; GHEYIS, H. R.; BELTRÃO, N. E. M.; SANTOS, J. W.; SOARES, F. A. L. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia1. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. V.4, n.3, p. 338-348, jul/set, 2009.

SILVA, T. R. B.; LEITE, V. E.; SILVA, A. R. B.; VIANA, L. H. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura da mamona em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.9, p.1357-1359, 2007.

SILVA, V. **Características fisiológicas de cultivares de Mamoneira (*ricinus communis* L.) No recôncavo baiano**. 2008. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. 2008.

SILVEIRA, U. A. **Efeitos dos diferentes níveis e combinações de nitrogênio e potássio no teor de óleo da semente da mamona (*Ricinus communis* L.) irrigado com esgoto sanitário tratado e água bruta**. Fortaleza 2008. 132p. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2008.

SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R. G.; FERNANDES, P. D.; OLIVEIRA, F. H. T.; SILVA, F. V.; ALVES A. N.; PEDROSA R. M. B. Partição de fotoassimilados em cultivares de bananeira irrigada com águas de diferentes salinidades. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 9, p. 101-107, 2005.

- SOUTO, L. S. **Resposta da cultura da mamona à fertilização com Lodo de esgoto.** 2007. 75 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Paulista, Botucatu. 2007.
- SOUZA, A. S. **Manejo cultural da mamoneira: Época de plantio, irrigação, espaçamento e competição de cultivares.** 2007. 211f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2007.
- SOUZA, E. C. A.; NATALE, W. Efeito do boro e do zinco na culturada mamoneira. **Científica**, v. 2, p. 327-333, 1997.
- SOUZA JÚNIOR, A. J. L.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; OLIVEIRA, T. M. M.; DUPA, G. P. Avaliação dos teores de macronutrientes em diferentes variedades de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007, Gramados. Conquistas e desafios de ciência do solo. 2007. Gramados. **Anais....** 2007. CD
- SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S (editor). **Nutrição mineral de plantas.** Viçosa: SBCS, p. 214-252, 2006.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.
- TÁVORA, F. J. A. **A cultura da mamona.** Fortaleza: EPACE, 111p. 1982.
- VALE, L. S.; BELTRAO, N. E. M.; SEVERINO, L. S.; ANUNCIAÇÃO FILHO, C. J.; MONTENEGRO, A. A. A. Efeito da salinidade na cultura damamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, OLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2., 2005, Varginha. **Anais...** Varginha, MG, 2005.
- VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E.; PENTEADO, S.R. Fertilizantes e fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUÍDOS. 1. Piracicaba, 1993. **Anais.** Piracicaba: Potafós, 1994. p. 261-280
- WEISS, E. A. **Oil seed crops.** London: Longman, 1983. 659 p.
- WENDT, C. W. Use of a relationship between leaf length and leaf área of cotton (*Gossypium hirsuntum* L.), castor (*Ricinus communis* L.) and sorghum (*Sorghum vulgare* L.). **Agronomy Journal**, v. 59, p. 485-487, 1967.

XAVIER, J. F. **Águas residuárias provenientes de indústrias e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS Nordestina.** 2007. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

ZUCHI, J. **Características agronômicas de cultivares de mamona em função do ambiente de cultivo.** 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.