



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

JOSÉ EVERARDO BARBOSA DA SILVA

EFEITO DO CONTEÚDO DE ÁGUA DO SOLO EM DIFERENTES ESTÁDIOS  
FENOLÓGICOS DE DUAS CULTIVARES DE MAMONA EM CONDIÇÕES DE  
SEMEIO E REBROTE

2011

Campina Grande  
Paraíba



UFCG

UFCG

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



**TESE**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**EFEITO DO CONTEÚDO DE ÁGUA DO SOLO EM DIFERENTES ESTÁDIOS  
FENOLÓGICOS DE DUAS CULTIVARES DE MAMONA EM CONDIÇÕES DE  
SEMEIO E REBROTE**

**JOSÉ EVERARDO BARBOSA DA SILVA**

**DIGITALIZAÇÃO:  
SISTEMOTECA - UFCG**

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**

**Agosto – 2011**

UFCG

UFCG

**JOSÉ EVERARDO BARBOSA DA SILVA**

**EFEITO DO CONTEÚDO DE ÁGUA DO SOLO EM DIFERENTES ESTÁDIOS  
FENOLÓGICOS DE DUAS CULTIVARES DE MAMONA EM CONDIÇÕES DE  
SEMEIO E REBROTE**

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 do curso para a obtenção do grau de doutor em Engenharia Agrícola.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM  
ORIENTADOR: PROF. DR. HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA**

**CAMPINA GRANDE – PB**

Agosto de 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S586e

Silva, José Everardo Barbosa da.

Efeito do conteúdo de água do solo em diferentes estágios fenológicos de duas cultivares de mamona em condições de semeio e rebrote / José Everardo Barbosa da Silva. - Campina Grande, 2011.

127f.: il. col.

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

Orientador: Prof. Dr. Hugo Orlando Cavallo Guerra.

Referências.

1. Manejo do Solo. 2. Água. 3. Manejo de Poda – *Ricinus communis*  
L. 4. Produção de Biodiesel. I. Título.

CDU 631.432.2 (043)



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


PARECER FINAL

JOSÉ EVERARDO BARBOSA DA SILVA


EFEITO DO CONTEÚDO DE ÁGUA DO SOLO EM DIFERENTES ESTÁDIOS  
FENOLÓGICOS DE DUAS CULTIVARES DE MAMONA EM CONDIÇÕES DE  
SEMEIO E REBROTE

BANCA EXAMINADORA

PARECER

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra  
Orientador

Aprovado

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Rogério Dantas de Lacerda  
Examinador Externo

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Adilson David de Barros  
Examinador Externo

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Genival Barros Junior  
Examinador Externo

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Lucia Helena Garofolo Chaves  
Examinador Interno

Aprovado

CAMPINA GRANDE – PB

Agosto de 2011

*Em memória de meus pais Everardo Vieira da Silva, Meus Avós Severino Soares Barbosa, Joana Pontes In memorian e Maria de Lourdes Barbosa, pelo exemplo de integridade, simplicidade, apoio ao objetivo maior, carinho e paz interior.*

#### **MINHA HOMENAGEM**

*Aos meus filhos Ana Carolina Souza da Silva, José Everardo Barbosa da Silva Júnior, José Renan Souza da Silva e Larissa Morgana Barbosa da Silva e meus irmãos João Batista, Edinalva Maria da Silva Correia, Edvaldo Barbosa da Silva pelos exemplos de vida que são, bem como pela compreensão, carinho e amor a mim dedicado e que serve de estímulo para continuar lutando por momentos felizes como esse.*

#### **OFEREÇO E DEDICO**



## AGRADECIMENTOS

*Ao Ser todo poderoso, por toda força construtiva que me dispôs.*

*A UFCG e ao CNPq pela oportunidade concedida para desenvolver este trabalho.*

*Aos meus avós **Raminho e Joaquina**, meus pais **Everardo Vieira da Silva e Maria de Lourdes Barbosa**, por tudo que me propiciaram na vida.*

*Aos meus filhos, **Ana Carolina, José Everardo Barbosa da Silva Junior, José Renan Souza da Silva e Larissa Morgana Barbosa da Silva** como exemplos e votos de agradecimentos.*

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

*Ao Prof. Dr. **Hugo Orlando Carvalho** meu orientador, pela inquestionável contribuição na minha formação acadêmica e profissional.*

*Ao Prof. Dr. **Genival Barros Junior** pela contribuição prestada no decorrer do trabalho e pela sua gratificante amizade, assim como pela partição do julgamento do mesmo.*

*Ao amigo Dr. **Rogério Dantas de Lacerda**, por sua atenção, ensinamentos transmitidos de maneira construtiva e pela participação na construção deste trabalho.*

*Ao amigo Dr. **Adilson David de Barros**, que dedicou uma parte do seu precioso tempo no apoio deste trabalho e cuja amizade é salutar.*

*Ao amigo Dr. **Leoberto de Alcantara Fomiga**, por sua atenção, ensinamentos transmitidos de maneira construtiva e pela participação na construção deste trabalho.*

*Ao amigo Prof. **Mario Sergio de Araujo**, pela decisiva contribuição de ceder o espaço físico para instalação do experimento no Colégio Agrícola em lagoa Seca.*

*Aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade, Sr Pedro , Wilson, Doutor, Sr. José que ajudaram a conduzir as análises de água e solo feitas no decorrer do experimento.*

*Aos colegas de curso Ricardo Miranda, Rene, Hamilton que contribuíram de uma maneira ou outra para a condução deste trabalho.*



# **EFEITO DO CONTEÚDO DE ÁGUA DO SOLO EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DE DUAS CULTIVARES DE MAMONA EM CONDIÇÕES DE SEMEIO E REBROTE**

## **RESUMO**

Objetivou-se pesquisar a sensibilidade dos cultivares de mamona BRS 188 - Paraguaçu e BRS - 149 Nordestina a vários níveis de água disponível no solo em diferentes estádios fenológicos, avaliando-se os efeitos no crescimento, desenvolvimento e produção das plantas em condições de semeio e rebrote. O experimento foi conduzido em condições de campo, no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais – CCAA, Campus II da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Zona Rural, Município de Lagoa Seca, PB, agreste Paraibano, com altitude média de 634 m, no período compreendido entre outubro de 2008 e outubro de 2009. Utilizou-se um solo franco argilo-arenoso de baixo teor de matéria orgânica. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 4, constituído de 2 cultivares e 4 níveis de água disponível no solo (100, 80, 60 e 40 %) aplicados na fase de crescimento e na fase de frutificação, com três repetições. Cada parcela consistiu de uma área útil de 100,0 m<sup>2</sup> na qual foram cultivadas 50 plantas, espaçadas a 2 x 1m. O solo foi adubado com superfosfato triplo em fundação na quantidade de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e em cobertura de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e de e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N nas formas de cloreto de potássio e ureia, parcelados em porções iguais em intervalos de 10 dias aplicadas via fertirrigação, com a primeira aplicação ocorrendo 20 dias após o semeio. Conduziu-se o experimento por dois ciclos consecutivos, sendo o primeiro de 180 dias e o segundo a partir da poda drástica das plantas à altura de 30 cm em relação ao nível do solo, por mais 180 dias. O conteúdo de água do solo foi monitorado a cada dois dias, através de uma sonda de TDR segmentada. As irrigações foram feitas nos mesmos intervalos de tempo. Os dados foram processados estatisticamente através da análise de variância (ANAVA), e do teste de Tukey para comparação das médias dos tratamentos qualitativos e análise de regressão para o fator quantitativo água disponível. Os cultivares de mamona apresentaram respostas crescente de crescimento, desenvolvimento e produção em função da aplicação de laminas de águas crescentes. A eficiência dos cultivares BRS 188 – Paraguaçu e BRS 149 Nordestina para transformar a água consumida em fitomassa, frutos e sementes, aumentou com a adição de água disponível no solo. A disponibilidade de água nos diferentes teores e estádios fenológicos estudados, promoveu alterações significativas nos processos fisiológicos essenciais à produtividade de ambos

cultivares. Observou-se que em geral todas as variáveis aumentaram com o aumento do conteúdo de água no solo nos diferentes estádios fenológicos. Assim a melhor performance da mamona, nos dos períodos, foi obtida quando o conteúdo de água do solo se manteve sempre na capacidade de campo, com 100% da água disponível no solo para as plantas.

**Palavras - chave:** *Ricinus communis* L., manejo da poda, irrigação fenological.



## **EFFECT OF SOIL WATER CONTENT IN DIFFERENT PHENOLOGICAL STAGES OF TWO CASTOR BEAN CULTIVARS ON SOWING AND REGROWTH**

### **ABSTRACT**

The study aimed to study the sensitivity of the castor bean cultivars BRS 188 - Paraguaçu and BRS - 149 Northeastern at various levels of water available in the soil, at different phenological stages, evaluating the effects on the growth, development and production, in the sowing and regrowth cycle cycles. The research was conducted at the Center for Agricultural and Environmental Sciences - CAAC, Campus II, State University of Paraíba - UEPB, located on the Site Imbaúba, s / n, Rural Zone, Lagoa Seca, PB, Microregion of Campina Grande, Paraíba Agreste, with an average altitude of 634 m in the period October 2009 to October 2009. It was used a sandy loam soil with low organic matter content. The experiment was a randomized block design in factorial scheme 2 x 4, consisting of 2 cultivars and 4 levels of available soil water (100, 80, 60 and 40%) applied on the growth and fructification stages, with three replicates. Each plot consisted of an area of 100.0 m<sup>2</sup> in which were grown in 50 plants, spaced at 2 x 1m. The soil was fertilized with triple superphosphate in foundation in the amount of 120 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and included 100 kg.ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O and 100 kg.ha<sup>-1</sup> N in the forms of potassium chloride and urea, split in equal portions at intervals of 10 days via fertigation, with the first application occurring 20 days after sowing. The experiment was conducted for two consecutive cycles, the first 180 days and the second from the pruning of plants to a height of 30 cm from the ground level, starting the second cycle of cultivation, for another 180 days. The water content of the soil was monitored every two days using a segmented TDR probe. Irrigation was made at the same time intervals. The data were processed statistically using analysis of variance (ANOVA) and Tukey test for comparison of the qualitative treatments and regression analysis to the quantitative factors available water. The castor bean cultivars showed increased responses of growth, development and production depending on the application of sheets of rising waters. The efficiency of BRS 188 - Paraguaçu and BRS 149 Northeastern to turn the water consumed in biomass, fruits and seeds, increased with the addition of available soil water. Water availability in the different levels and phenological stages produced significant alterations in physiological processes essential to the productivity of both cultivars. It was observed that all variables generally increased with increasing water content in the soil at different growth stages. So the best

performance of castor in the periods, was obtained when the water content of the soil was kept at field capacity, with 100% of available soil water to plants.

**Key words:** Castor bean, management of pruning, phenological irrigation.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva de retenção de água do solo. ....	36
Figura 2. Croqui da área experimental com a disposição das parcelas com seus respectivos tratamentos.....	38
Figura 3. Croqui da parcela experimental.....	39
Figura 4. Altura média dos cultivares de mamona.....	49
Figura 5. Diâmetro do caule média dos cultivares de mamona.....	54
Figura 6. Área foliar média dos cultivares de mamona.....	57
Figura 7. Fitomassa da parte aérea média dos cultivares de mamona.....	61
Figura 8. Razão de área foliar média dos cultivares de mamona.....	64
Figura 9. Inflorescência média dos cultivares de mamona.....	67
Figura 10. Teor de óleo das sementes média dos cultivares de mamona.....	70
Figura 11. Produtividade de frutos média dos cultivares de mamona.....	72
Figura 12. Eficiência de uso de água média nos cultivares de mamona.....	74
Figura 13. Altura da planta média dos cultivares de mamona.....	78
Figura 14. Diâmetro do caule média dos cultivares de mamona.....	81
Figura 15. Área foliar média dos cultivares de mamona.....	85
Figura 16. Fitomassa média dos cultivares de mamona.....	88
Figura 17. Razão de área foliar média dos cultivares de mamona.....	92
Figura 18. Inflorescência média dos cultivares de mamona.....	95
Figura 19. Teor de óleo das sementes média dos cultivares de mamona.....	98
Figura 20. Volume de água aplicado e eficiência do uso da água média dos cultivares de mamona.....	99
Figura 21. Produção de sementes média dos cultivares de mamona.....	102

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos físicos - hídricos do solo da área do experimento.....	32
Tabela 2. Atributos químicos do solo após correções da acidez .....	33
Tabela 3. Características da água de irrigação da fazenda experimental.....	34
Tabela 4. Resumo das análises de variância referente à variável altura da planta no 1 <sup>o</sup> ciclo dos cultivares de mamona.....	47
Tabela 5. Resumo das análises de variância referente à variável diâmetro do caule no 1 <sup>o</sup> ciclo dos cultivares de mamona.....	51
Tabela 6. Resumo das análises de variância referente à variável Área Foliar da planta no 1 <sup>o</sup> ciclo dos cultivares de mamona.....	55
Tabela 7. Resumo das análises de variância referente à variável fitomassa da planta no 1 <sup>o</sup> ciclo dos cultivares de mamona.....	59
Tabela 8. Resumo das análises de variância referente à variável Razão de Área Foliar da planta no 1 <sup>o</sup> ciclo dos cultivares de mamona.....	63
Tabela 9. Resumo das análises de variância referente à variável Numero de Inflorescência no 1 <sup>o</sup> ciclo dos cultivares de mamona.....	66
Tabela 10. Resumo das análises de variância referente à variável Teor de Oleo dos cultivares de mamona .....	69
Tabela 11. Resumo das análises de variância referente à variável produtividade média dos frutos dos cultivares de mamona .....	71
Tabela 12. Resumo das análises de variância referente à eficiência de uso de água dos cultivares de mamona .....	73
Tabela 13. Resumo das análises de variância referente à variável altura da planta 2 <sup>o</sup> ciclo dos cultivares de mamona .....	76
Tabela 14. Resumo das análises de variância referente à variável diâmetro da planta 2 <sup>o</sup> ciclo dos cultivares de mamona.....	80
Tabela 15. Resumo das análises de variância referente à variável Área Foliar da planta 2 <sup>o</sup> ciclo dos cultivares de mamona.....	83

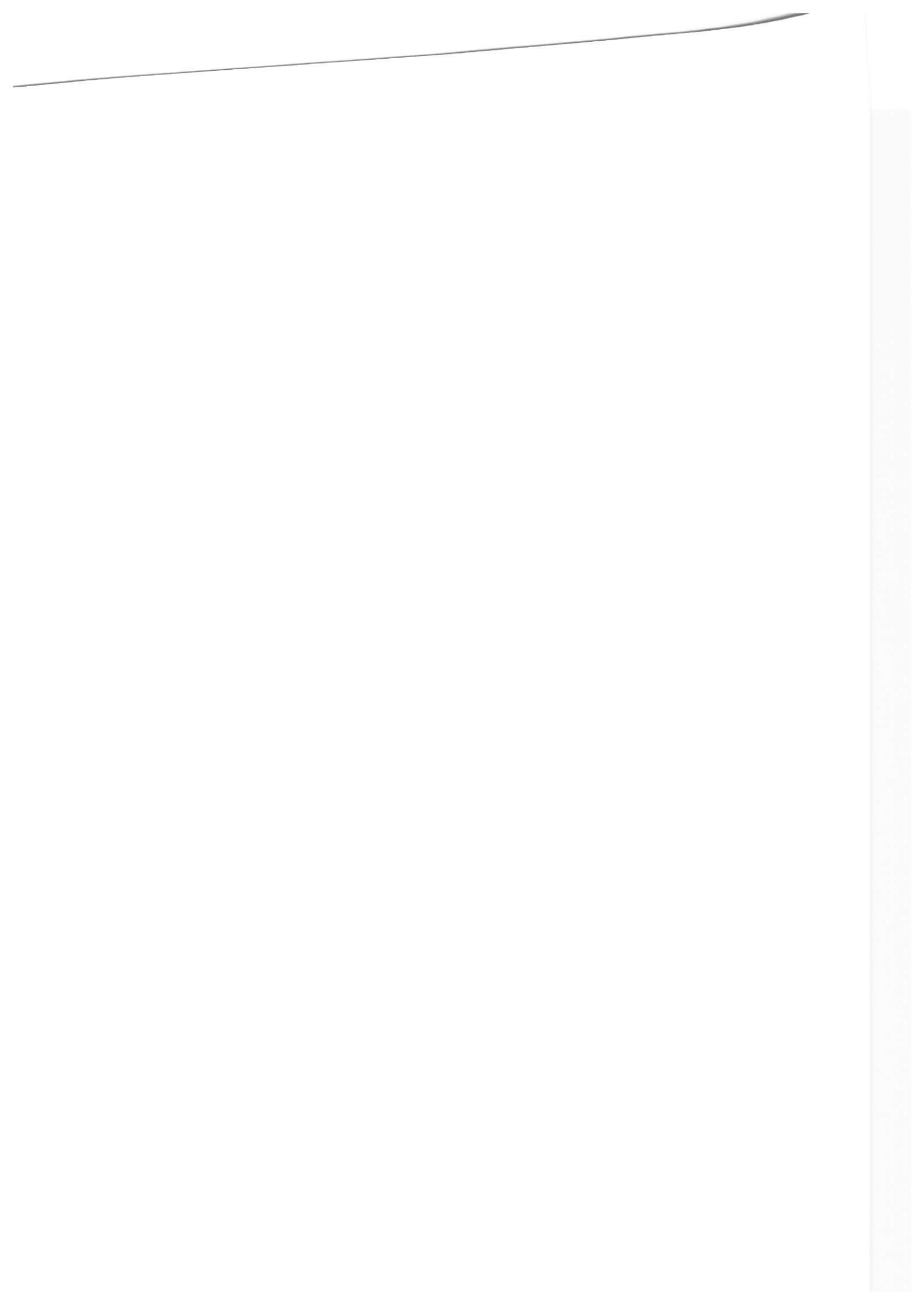




Tabela 16. Resumo das análises de variância referente à variável fitomassa da planta, 2 <sup>o</sup> ciclo dos cultivares de mamona.....	87
Tabela 17. Resumo das análises de variância referente à variável Razão de Área Foliar no 2 <sup>o</sup> ciclo dos cultivares de mamona.....	90
Tabela 18. Resumo das análises de variância referente à variável inflorescência da planta 2 <sup>o</sup> ciclo dos cultivares de mamona.....	94
Tabela 19. Resumo das análises de variância referente ao Teor de óleo dos cultivares de mamona.....	97
Tabela 20. Resumo das análises de variância referente à variável: Eficiência de uso de água dos cultivares de mamona.....	99
Tabela 21. Resumo das análises de variância referente à variável produtividade média dos frutos dos cultivares de mamona.....	101

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. OBJETIVO GERAL .....	15
2.1. Objetivos específicos.....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
3.1. Relevância econômica da mamona .....	16
3.2. Produtos e subprodutos .....	20
3.3. Morfologia da mamona .....	24
3.4. Necessidades hídricas da cultura .....	27
3.5-Manejo da poda .....	30
4 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
4.1. Localização do Experimento .....	32
4.2. Caracterização do solo e da Água de Irrigação.....	32
4.2.1. Textura.....	34
4.2.2. Densidade global e das partículas - Porosidade.....	34
4.2.3. Curva de retenção de água.....	35
4.3. Tratamentos e delineamento estatístico.....	36
4.4. Instalação e condução do experimento.....	40
4.5. Variáveis analisadas .....	41
4.5.1. Altura de planta.....	41
4.5.2. Diâmetro do caule .....	41
4.5.3. Área foliar .....	41
4.5.4. Dias para emissão da 1ª inflorescência (DEI), altura de emissão da 1ª inflorescência (AEI) e número total de inflorescências emitidas (NIE) .....	42
4.5.5. Fitomassa da parte aérea (FT).....	42
4.5.6. Razão de área foliar (RAF).....	42
4.5.7 - Produtividade média de frutos .....	43
4.5.8 Peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação semente/fruto..	43
4.5.9. Teor de óleo nas sementes .....	43
4.5.10. Consumo de água pela mamona.....	43
4.5.11. Eficiência do uso de água .....	44

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
5.1 PRIMEIRO CICLO.....	45
5.1.1 Altura da planta.....	45
5.1.2 Diâmetro do caule.....	50
5.1.3 Área foliar.....	54
5.1.4 Fitomassa da parte aérea.....	58
5.1.5 – Razão de Área Foliar - RAF.....	62
5.1.6. Número de inflorescências.....	65
5.1.7 - Teor de óleo.....	68
5.1.8 - Produtividade média de frutos.....	70
5.1.9 - Eficiência de uso de água.....	73
5.2 SEGUNDO CICLO.....	75
5.2.1 Altura da planta.....	75
5.2.2- Diâmetro do caule.....	79
5.2.3 - Área foliar.....	82
5.2.4 – Fitomassa da parte aérea.....	86
5.2.5 - Razão de área foliar - RAF.....	89
5.2.6 – Número de Inflorescências.....	93
5.2.7 - Teor de óleo.....	96
5.2.8 - Eficiência de uso de água.....	98
5.2.9 - Produtividade média de frutos.....	100
6. CONCLUSÕES:.....	103
7. REFERÊNCIAS.....	104
ANEXOS.....	116
DADOS CLIMATICOS - LAGOA SECA, PB.....	117
Cronograma do experimento (Primeiro ciclo).....	119
Cronograma do Experimento (Segundo Ciclo).....	120

## 1. INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis* L.) planta cosmopolita de origem tropical, cultivada comercialmente em mais de 15 países; pertence à família Euphorbiaceae e engloba um vasto número e tipos de plantas nativas da região tropical, tem hábito arbustivo, com diversas colorações de caule, folhas e racemos (cachos). Os frutos possuem espinhos que, em alguns casos, são inermes; as sementes se apresentam com diferentes tamanhos, formatos e grande variabilidade de coloração. (AZEVEDO e BELTRÃO, 2007).

Com teor de óleo nas sementes de aproximadamente 48%, é a espécie vegetal que apresenta melhor perspectiva para o cultivo voltado a produção de biodiesel. O óleo de mamona ou de rícino, extraído das sementes, contém 90% de ácido ricinoléico, o que lhe confere características singulares, classificando-o como um dos mais versáteis da natureza, o que possibilita uma ampla gama de utilização industrial, com utilidade só comparável à do petróleo, tendo a vantagem, porém, de ser um produto renovável, o que dar a cultura um importante potencial econômico e estratégico ao Brasil (AZEVEDO e BELTRÃO, 2007).

O cultivo da mamoneira sob irrigação no Brasil é recomendando para área onde já tenham sido registradas produtividades superiores a seis toneladas por hectare; razão pela qual é importante investir em pesquisas relacionadas à demanda hídrica desta cultura, a fim de obter informações sobre o manejo da irrigação, com vistas ao ganho de produtividade e aumento na sua eficiência produtiva (BELTRÃO et al., 2006). Em pesquisas realizadas pela Empresa Baiana de Desenvolvimento Agropecuário - EBDA e pela Embrapa - CNPA, concluiu-se que tanto para o cultivar BRS-149 (Nordestina) como para o BRS-188 Paraguaçu, o potencial de produtividade médio varia de 1.500 kg ha<sup>-1</sup> em condições de sequeiro a 5.000 kg ha<sup>-1</sup> em condições irrigadas (CARVALHO, 2005).

A busca mundial pela sustentabilidade ambiental, com base na substituição progressiva dos combustíveis minerais derivados do petróleo, responsáveis diretos pelo efeito estufa, por combustíveis renováveis de origem vegetal, dentre eles o biodiesel do óleo da mamona criou uma perspectiva real para a expansão do seu cultivo, em escala comercial no semiárido brasileiro, principalmente na agricultura familiar, que já tem tradição no cultivo desta oleaginosa (BELTRÃO et al., 2005).

A mamona devido a apresentar capacidade de produzir satisfatoriamente sob condições de baixa precipitação pluviométrica, tem-se como uma alternativa importante para

o semiárido. Nesta região, a cultura mesmo tendo menores produtividades, tem-se mostrado resistente ao clima adverso quando se verifica perdas totais em outras culturas, sendo assim uma das poucas alternativas de trabalho e de renda para as famílias agricultoras (CARVALHO, 2005). Apesar desta característica importante em relação a outros cultivos, em regiões que apresentam precipitação inferior a 500 mm durante seu ciclo, a mamoneira perde grande parte da sua produção econômica, acentuando-se os riscos de perdas totais de safras e/ou a obtenção de rendimento muito baixo; sendo a prática da irrigação, em muitas situações, a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança; este é o caso das regiões de clima quente e seco, como o semiárido, onde ocorre déficit hídrico acentuado para as plantas, uma vez que, a taxa de evapotranspiração excede a de precipitação durante a maior parte do ano (SHAINBERG e OSTER, 1978).

Estudos que venham aprofundar o conhecimento das exigências hídricas desta cultura são de extrema relevância, podendo inclusive identificar por meio da avaliação das variáveis de crescimento ou de produção, as cultivares mais adequadas à cada condição específica de cultivo, sobretudo àquelas que apresentem tolerância à deficiência hídrica. Ainda, monitorar com precisão o conteúdo de água no solo, constitui-se numa ação de extrema importância para a sustentabilidade da atividade agrícola.

A ausência de resultados de pesquisa a respeito da sensibilidade da mamoneira ao conteúdo de água no solo em diferentes estádios fenológicos sobre o desenvolvimento e rendimento da cultura sob condições de campo, juntamente ao agravamento da crise de abastecimento de água, principalmente nas áreas semiáridas, torna imprescindível estabelecer, através de pesquisas científicas como esta, fronteiras entre os limites mínimos de produtividade x disponibilidade de água para culturas economicamente reconhecidas como adaptadas/viáveis à região, seja pela sua rusticidade ou pelo potencial de renda que representa para as inúmeras famílias que buscam alternativas para melhorar as suas condições de vida.

A poda é uma prática muito utilizada na fruticultura, mas também tem seu emprego na arquitetura paisagista, visando a estética em gramados, cercas vivas etc. Visando a redução dos custos de implantação da lavoura, a poda da mamoneira já é muito utilizada no Brasil e se constitui num importante manejo para exploração da ricinocultura em segundo ciclo (AZEVEDO et al., 2007). Denominada de poda seca, sua indicação é após a última colheita do primeiro ciclo.



## **2. OBJETIVO GERAL**

Estudar a sensibilidade de duas cultivares de mamona (BRS 188 – Paraguaçu e BRS 149 Nordestina) quando submetidas a diferentes conteúdos de água disponível no solo em diversas fases do ciclo fenológico e seu efeito sobre a produção e qualidade do produto.

### **2.1. Objetivos específicos**

Avaliar as alterações no crescimento e desenvolvimento dos dois cultivares de mamona (BRS 188 – Paraguaçu e BRS 149 Nordestina) quando submetida a diferentes conteúdos de água disponível no solo em diversas fases do ciclo fenológico.

Estudar o efeito na produção e na qualidade do produto final de ambos os cultivares de mamona quando submetidas a diferentes conteúdos de água disponível no solo em diversas fases do ciclo fenológico.

Identificar níveis críticos de água no solo ao longo de diferentes estádios fenológicos para a cultura da mamoneira se manter produtiva.

Avaliar a viabilidade do sistema de produção implantado neste experimento em 2º ciclo, a partir da poda drástica das plantas cultivadas.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Relevância econômica da mamona

A mamoneira (*Ricinus communis* L.), também conhecida como carrapateira, rícino, palma christi e castor bean, pertence à família Euphorbiaceae. De origem tropical, a planta é proveniente da região Leste da África, provavelmente da Etiópia, tendo ocorrência natural desde a latitude 40° Norte até 40° Sul, sendo cultivada comercialmente em mais de 15 países. Segundo Moskin (1986), existem quatro principais centros de variabilidade, nos quais as plantas apresentam características botânicas específicas e diferenciadas: o principal localiza-se no Oeste Asiático, em países como Irã e Afeganistão, entre outros; os demais são: península arábica; a Índia e a China.

Segundo dados da FAO (2005), a Índia é o maior produtor mundial de mamona (870.000 T), seguida pela China (268.000 T) e Brasil (176.743 T). Com relação ao óleo, os três maiores produtores mundiais também são a Índia, a China e o Brasil, que participaram, em 2001, com 92% da produção mundial. Os três maiores importadores mundiais são a França, os Estados Unidos e a China. O Brasil aparece como segundo maior exportador mundial, entretanto, com grande distância da Índia que, em 2001, respondeu por 85% das exportações mundiais.

No Brasil, o Estado maior produtor é a Bahia, com cerca de 149,5 mil hectares cultivados, e uma produção de 134,9 mil toneladas, cerca de 90% da produção nacional (IBGE, 2004). O principal produto da mamona é o óleo extraído de suas sementes conhecido no Brasil como óleo de rícino ou, internacionalmente, como castor oil. Este óleo processado tem inúmeras aplicações, que incluem o uso medicinal e cosmético, fabricação de plásticos e lubrificantes. O produto também é utilizado na produção de fibra ótica, vidro à prova de balas e próteses ósseas. Além disso, é indispensável para impedir o congelamento de combustíveis e lubrificantes de aviões e foguetes espaciais a baixíssimas temperaturas.

No período compreendido entre 1978 a 2005 a Índia, a China e o Brasil se manteve como principais produtores mundiais de mamona em baga, tanto em termos de área colhida como em produção, sendo este percentual crescente no decorrer dos anos e alcançando a

escala dos 94% na safra de 2005. Em termos de produção, o Brasil já ocupou a primeira posição mundial, no período 1978/1982, quando contribuía com 32% do montante produzido. Todavia, o país perdeu esta posição no período 1983/1987. Nas safras 2004 e 2005, apesar da recuperação observada, o país foi responsável por apenas 11% e 13% do montante produzido, respectivamente, ocupando a terceira posição (VARGAS, 2006).

No período de 1978 a 2005 a ricinocultura brasileira sofreu grandes oscilações de área cultivada e de quantidade produzida, com tendência de declínio. Nesse período as taxas anuais de crescimento da área colhida, da produção e do rendimento médio da cultura da mamona foram negativas (-5,12%, -5,93% e -0,85%, respectivamente). Observa-se que a partir do ano agrícola 1985/86 inicia-se uma fase de redução da área colhida e quantidade produzida de mamona em baga que atinge seu ponto mais baixo no ano agrícola 1997/98, quando a área e a quantidade produzida foram respectivamente, 13% e 4% dos maiores valores verificados no período de 1978 a 2005 (no ano agrícola 1984/85). O rendimento médio da cultura, nesse período, atingiu o máximo no ano agrícola 1977/78 e o mínimo em 1997/98 (29% do máximo obtido) (VARGAS, 2006).

Após o lançamento do Programa Nacional do Biodiesel verifica-se que nas safras 2003/2004 e 2004/2005 houve uma extraordinária recuperação da produção nacional em relação às safras dos últimos dez anos. No entanto, a previsão para a safra 2005/2006, em relação à safra anterior, é de que deverá haver uma redução de, aproximadamente, 31% na área colhida e de 32% na produção nacional de mamona em baga (IBGE, 2006a). Tal fato pode ser atribuído, principalmente, aos baixos preços recebidos pelos produtores na safra 2004/2005, quando o preço da saca de 60 kg de mamona em baga foi cotado abaixo do preço mínimo de R\$ 30,3 estabelecido pelo governo.

No mercado internacional a comercialização da mamona pode ser feita tanto na forma bruta (mamona em baga), quanto em formas intermediárias (óleo bruto ou refinado) ou através da exploração de seus derivados de alto valor agregado (ácido graxo destilado de óleo de mamona desidratado, óleo de mamona hidrogenado, óleo de mamona sulfuricinado, ácido 12-hidróxido esteárico e outros, com usos diferenciados como poliuretanos, resinas plásticas, etc). No mercado internacional, o óleo é o principal produto comercializado, constituindo-se em matéria-prima industrial utilizada para obtenção de inúmeros produtos. A demanda por óleo é pequena, pois o principal consumidor tem sido a indústria química fina (ricinoquímica) (VARGAS, 2006).

Com relação ao óleo de mamona, a Índia, o Brasil e a China são também, em média, os maiores produtores mundiais de óleo em todo o período considerado. A participação conjunta desses países na produção mundial de óleo foi, em média, no período 1978/1982, de 76%. Esta participação foi aumentando ao longo dos anos e atingiu em 2003 a escala dos 93% da produção mundial de óleo. No período 1978/1982 o Brasil ocupou a primeira posição na produção mundial de óleo de mamona, sendo esta perdida para a Índia a partir do período 1983/1987. No período 1988/1992 a China passou a ser o segundo maior produtor mundial, posição que foi também ocupada pelo Brasil no período 1983/1987. No ano de 2003 a Índia foi responsável por 51% da produção mundial de óleo de mamona, a China por 35% e o Brasil por apenas 7% (SAVY FILHO, 2005).

A França o principal país comprador seguido pela Alemanha, Estados Unidos da América, Com relação às exportações mundiais de óleo de mamona, verifica-se que a Índia em 2004 foi responsável por 85% do total das transações realizadas no mercado internacional. O Brasil reduziu significativamente a comercialização de óleo no decorrer dos anos, chegando em 2004 a contribuir com apenas 0,3% das exportações mundiais. Atualmente, o principal produto exportado pelo Brasil é o óleo de mamona hidrogenado e não mais o óleo bruto ou refinado (SAVY FILHO, 2005).

O Programa Nacional de Uso e Produção do Biodiesel é, atualmente, a principal força propulsora ao aumento da área de plantio da mamona. Na proposta do programa, a mamona é insumo fundamental para cumprir a meta de adição de 5% de biodiesel ao óleo diesel. O programa da mamona estabeleceu como uma de suas metas a geração de trabalho ocupando um trabalhador rural a cada 2 hectares cultivados durante 250 dias ao ano e reduzindo a ociosidade do parque industrial de beneficiamento desta oleaginosa no Nordeste, proporcionando a região semiárida uma perspectiva de sustentabilidade com conseqüente melhoria da qualidade de vida de sua população através de políticas públicas de assistência a agricultura familiar (ALMEIDA et al., 2004).

Kouri et al. (2004) verificaram que as taxas anuais de crescimento da área colhida, produção e rendimento médio da cultura da mamona no Brasil nos últimos 30 anos foram negativas (- 5,77 %, - 6,82 % e - 1,11 %) e que, para que o quadro apresentado seja definitivamente mudado, torna-se essencial o estabelecimento de relações entre os produtores da matéria-prima e os empresários da indústria de esmagamento, respeitando-se as necessidades de continuação de existência de cada um deles; segundo estes mesmos autores,

também é de fundamental importância o comprometimento governamental (nas três esferas: federal, estadual e municipal) através de políticas agrícolas e industriais adequadas, dada a importância social de todo o agronegócio da mamona, principalmente na região semi-árida brasileira.

Por outro lado, no zoneamento agrícola realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária através do Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, estimou-se a existência de aproximadamente 5.000.000 ha espalhados em 600 municípios do Nordeste brasileiro que estão disponíveis e aptos para o plantio de mamona (BELTRÃO et al., 2006).

Particularmente no Estado da Paraíba, dos 223 municípios espalhados nas mais variadas regiões, Araújo et al. (2000), levando em consideração a média pluviométrica, em períodos chuvosos, superior a 500 mm e áreas de altitudes variando entre 300 e 1500 m, foram identificados 46 municípios propícios ao cultivo econômico da mamona, indicando ainda como as melhores épocas para o plantio o período que vai de Janeiro a Maio de cada ano.

Para Cartaxo et al. (2004) as maiores vantagens de utilização da mamoneira no semi-árido brasileiro encontram-se nos baixos custos de produção e no elevado potencial de produção de óleo de excelente qualidade para o uso na ricinoquímica e na bioenergética. Por outro lado, segundo estes mesmos autores, os maiores gargalos a serem superados estão diretamente relacionados à comercialização das bagas que ainda ocorre através de uma cadeia de intermediários, resultando geralmente em preços baixos pagos aos agricultores; outro agravante está na irrelevante agregação de valor ao óleo produzido, pois dentro da cadeia que exporta matéria-prima e importa manufaturados, quando se comparar a venda do ácido graxa ricinoléico com a venda do óleo bruto a diferença de preço chega a ser de 2,1 vezes menor, chegando a ser 4,2 vezes menor quando compara-se o valor pago pelo ácido sebáico.

Um grande desafio ainda a ser superado na região semiárida brasileira produtora de mamona é o baixo rendimento médio alcançados nos cultivos, apesar dos incrementos ocorridos nos últimos anos. Kouri e Silva (2006) constataram que o estado da Bahia, maior produtor nacional desta espécie vegetal, entre os anos de 2003 e 2005 obteve-se rendimentos médios de 695,3 kg/ha, contra 1580,3 kg/ha alcançados no estado de São Paulo para o mesmo período.



### 3.2. Produtos e subprodutos

Uma alternativa possível e sustentável ao combustível fóssil, é o uso de óleos de origem vegetal, os quais podem ser denominados “biodiesel”. Quimicamente, os óleos e gorduras animais e vegetais consistem de moléculas de triglicerídeos, as quais são constituídas de três ácidos de glicerol. Esses ácidos graxos variam na extensão de cadeia carbônica, no número, orientação e posição das ligações duplas (BELTRÃO, 2005).

O óleo de mamona possui grande versatilidade química no ramo industrial, podendo ser usado inúmeros produtos, com aplicação na área de cosméticos e polímeros, entre outros. A partir do óleo da mamona se obtém o diesel vegetal, que substitui o derivado de petróleo. Neste caso, o óleo de mamona pode ser considerado uma matéria-prima estratégica visto que, além de seu potencial químico e energéticos, os lubrificantes aeronáuticos são todos sintetizados a partir de suas moléculas (AZEVEDO e BELTRÃO, 2007).

No amplo espectro de utilização, merecem destaque a fabricação de tecidos de nylon, o uso na siderurgia como óleo de corte para laminagem, na indústria para acabamento de peles finas, como lubrificante de motores de grande rotação. Na medicina é usado por suas qualidades purgativas. A torta proveniente da extração do óleo é largamente empregada na adubação de culturas comerciais (FREIRE, 2001).

Estudos têm revelado que o teor de óleo presente nas sementes da mamona é diretamente proporcional a quantidade de calor acumulado pela planta durante todo seu ciclo vegetativo, de forma que, regiões fora dos trópicos onde a incidência de calor é reduzida, ocorre uma conseqüente redução na quantidade e na qualidade do óleo, além do que, baixas temperaturas também favorecem drasticamente esta redução e ainda estimulam o aumento do índice de acetila presentes nas sementes (AMORIM NETO et al. 2001).

O teor de óleo das sementes de mamona pode variar de 35 a 55% (VIEIRA et al., 1998). É o subproduto da mamona de maior destaque, único glicerídeo que a natureza concebeu em mais de 320.000 espécies de espermatófitos que é solúvel em álcool. Cerca de 90% do óleo são compostos de triglicerídio, principalmente da ricinoleína, que é o componente do ácido ricinoléico, cuja fórmula molecular é  $(C_{17}H_{32}OHCOOH)$ , o que confere ao óleo suas características singulares, possibilitando ampla gama de utilização industrial (AZEVEDO e LIMA, 2001).

As principais reações químicas do óleo de mamona, em ordem de importância mundial, segundo ICOA (2005) são: pirólise para produção do Nylon, hidrogenação, desidratação, fusão cáustica para produção do ácido sebácico, ácido undecilênico e

heptaldeído (ambos subprodutos da pirólise), sulfonação, alcoxilação, oxidação/polimerização, esterificação, dimerização (da desidratação) e outras (EMBRAPA, 2006).

As reações químicas do óleo de mamona para a produção do biodiesel. Ocorre a partir de 1 molécula de óleo + 3 de álcool (etanol ou metanol) produzindo 3 moléculas de biodiesel + 1 de glicerina, reação do método mais usado, a transesterificação alcalina; entretanto, conforme a Petrobrás, há outras metodologias, como: esterificação ácida, craqueamento termocatalítico, hidrotratamento-rota semente-Petrobrás 2001 (H-BIO- Petrobrás-2006) e transesterificação “in situ” (EMBRAPA, 2006).

Por outro lado, o projeto de transformação do óleo da mamona em óleo diesel, utilizado em qualquer motor (tratores e/ou caminhões), sem nenhuma adaptação, trata-se de um dos maiores e mais promissores campos de utilização desta espécie vegetal, uma vez que se tem um combustível renovável, ecologicamente correto, que na sua combustão não emite substâncias poluentes, ao contrário dos combustíveis fósseis que contêm enxofre. (PARENTE, 2003). Isto tem provocado uma profunda reestruturação no elo industrial da cadeia produtora, o que tende a elevar consideravelmente a produção da mamona.

As aplicações do óleo são inúmeras podendo, ser empregado em vários processos industriais, na fabricação de tintas, protetores e isolantes, lubrificantes, cosméticos, drogas farmacêuticas, bem como na fabricação de corantes, anilinas, desinfetantes, germicidas, óleos lubrificantes de baixa temperatura, colas e aderentes, além de ser base para fungicidas e inseticidas, tintas de impressão e vernizes; transformado em plástico, sob a ação de reatores nucleares, adquire a resistência de aço, mantendo a leveza da matéria plástica, na fabricação de espumas plásticas; esta característica do óleo confere ao material, texturas variáveis, desde a macia e esponjosa até a dura e rígida. (CHIERICE e CLARO NETO, 2001).

O óleo como lubrificante tem sido amplamente difundido, sobretudo em algumas situações específicas em que os óleos minerais tornam-se menos eficientes. Tal é o caso de certos equipamentos, como mancais ou engrenagens sujeitas a resfriamento a água determinando, portanto, a necessidade de lubrificação com óleo, cujo grupo hidroxílico no derivado ricinoléico, lhe confere alta capacidade de aderência às superfícies umedecidas. Além de seu baixo ponto de solidificação, em torno de 30°C negativos, outras qualidades do óleo, tais como resistência ao escoamento e viscosidade elevada, o recomendam também como lubrificante de turbinas de aeronaves ou de veículos automotores que operam em regiões geladas. Suas características fisicoquímicas favorecem, por outro lado, que seja

utilizado como fluido para freios hidráulicos de veículos, não atacando a borracha, metais ou plásticos, sendo esta aplicação do óleo a mais importante no Brasil (AZEVEDO et al., 1997).

Ao contrário de outras oleaginosas como a soja, girassol e o amendoim, a mamona não se destina à alimentação humana, conseqüentemente, o desenvolvimento de programas específicos para a expansão de sua área cultivada não traria impactos tanto para a cadeia produtiva quanto para o mercado de alimentos (PIRES et al., 2004).

A torta de mamona é o resíduo proveniente da extração do óleo das sementes da mamoneira. Trata-se de um produto com elevado teor de proteínas, produzido na proporção aproximada de 1,2 tonelada para cada tonelada de óleo extraída (AZEVEDO e LIMA, 2001), ou seja, corresponde a 55% do peso das sementes, valor que pode variar de acordo com o teor de óleo da semente e do processo industrial de extração do óleo. Sua proteína é composta por 60% de globulinas, 16% de albuminas, 4% de proteoses e 20% de glutelinas, proteínas conjugadas e compostos nitrogenados não-protéicos (SEVERINO, 2005).

Tradicional subproduto da cadeia produtiva da mamona em todo o mundo, tem uso predominante como adubo orgânico, pois é um composto ricamente nitrogenado, eficiente na recuperação de terras, embora possa obter valor significativamente maior se utilizada como alimento animal (após ser moído e obtido o farelo), aproveitando o alto teor de proteínas. Porém este uso não tem sido possível devido à presença de elementos tóxicos e alergênicos em sua composição e à inexistência de tecnologia viável em nível industrial para seu processamento (CHIERICE e CLARO NETO, 2001).

A torta originada da prensagem/esmagamento das sementes para retirada do óleo, é bastante utilizada como fertilizante, constituindo-se num adubo orgânico rico em nitrogênio, que ao ser incorporado ao solo tem funcionado como um excelente melhorador de suas propriedades físico-químicas e biológicas, principalmente pela riqueza dos micronutrientes primários presentes na sua constituição (FREIRE, 2001).

A torta de mamona se mineraliza rapidamente, cerca de seis vezes mais rápido que o esterco bovino e quatorze vezes mais rápido que o bagaço de cana disponibilizando, através da nitrificação, de 75 e 100 % do nitrogênio presente na sua constituição em período médio de três meses (SEVERINO, 2005).

É aconselhável que a torta, mesmo sendo usada como adubo, passe pelo processo de destoxicação e desalergenização, pois a aplicação deste produto pode causar alergia aos trabalhadores e aos moradores da proximidade para onde a poeira da torta pode ser levada pelo vento, além de poder provocar intoxicação de animais domésticos. Por outro lado, a

destoxicação provavelmente diminua o efeito nematicida do produto, que é um importante atrativo (SEVERINO, 2005).

Akhtar e Mahmood (1996) demonstraram o efeito da adubação com torta de mamona sobre a redução da população de nematóides fitoparasitas e ainda o aumento da população de nematóides predadores de vida livre, o que propiciou melhor desenvolvimento das plantas de *Cajanus cajan*. Mashela e Nithangeni (2002) também demonstraram a eficácia da torta de mamona na supressão do crescimento da população do nematóide *Meloidogyne incognita* em tomateiros (SEVERINO, 2005).

A torta de mamona que tem crescido consideravelmente no emprego da redução da população de nematóides presentes no solo, principalmente devido às restrições impostas ao brometo de metila e outros nematicidas, a maioria organofosforados, pelos riscos que representam ao homem e ao meio ambiente. Dutra et al. (2004), utilizando uma dose de 1.000 kg/ha da torta de mamona, obtiveram sucesso no controle do nematóide *Meloidogyne exigua* em cafeeiros da região sul de Minas Gerais e atribuíram o fato a ação do complexo tóxico ricina-ricinina presente na torta.

Carlini e Sá (2002), listaram proteínas vegetais com efeitos inseticidas que poderiam ser utilizadas como produtos naturais para controle de pestes. A ricina foi relacionada como tóxica a insetos da ordem dos Coleópteros e dos Lepidópteros. A toxidez foi obtida pela inserção da ricina na dieta oferecida aos insetos, porém, ela não é tóxica para todos os insetos, visto que algumas espécies podem ingerir a proteína, mas não manifestar sintomas de toxidez, embora não se tenha investigado se a proteína é degradada no trato digestivo ou se não consegue atingir as células do animal.

O principal uso da torta de mamona desengordurada (farelo) é como adubo orgânico. Apesar de apresentar um alto teor de proteínas, não se recomenda seu uso para ração animal, uma vez que ela apresenta três fatores antinutricionais, uma proteína tóxica denominada ricina, um conjunto de proteínas alergênicas conhecidas por CB-1A e um alcalóide de baixa toxidez, chamado ricinina. Embora possa se obter valor significativamente maior, quando utilizada como alimento animal, este uso não tem sido possível, até o presente, devido à inexistência de tecnologia viável, em nível industrial, para o processo da destoxicação (SEVERINO, 2005).

Por apresentar um elevado poder calorífico, em torno de 4.500 kcal.kg<sup>-1</sup>, a torta de mamona também tem se tornado uma promissora fonte alternativa de energia para fornos e caldeiras industriais, quando comparado por exemplo com bagaço de cana de açúcar (2.300 kcal.kg<sup>-1</sup>), casca de coco (3.500 kcal.kg<sup>-1</sup>), lenha (2.700 kcal.kg<sup>-1</sup>), serragem de madeira

(2.400 kcal.kg<sup>-1</sup>), estando sua utilização neste sentido em fase inicial de avaliação (DRUMMOND et al., 2006).

Como ração animal, a torta da mamona só pode ser utilizada depois de desintoxicada, uma vez que a presença da rícina a torna extremamente venenosa. Apesar de agregar maior valor ao produto, este processo de desintoxicação é bastante complexo e dependente de tecnologia específica para que seja realizado em escala industrial e que ainda não está disponível. Desta forma, as usinas de produção de biodiesel têm preferido destiná-la para o mercado de fertilizante (BELTRAO et al., 2003).

### 3.3. Morfologia da mamona

Conforme descrição botânica de Lorenzi & Matos (2002), a mamona apresenta-se como arbusto ou árvoreta, com folhas grandes, classificadas como palmatilobadas. Seus frutos são do tipo cápsular de deiscência explosiva, com saliências espiniformes, contendo três sementes oleaginosas de superfície brilhosa e desenhada com manchas escuras. Esta espécie apresenta uma raiz axial e raízes secundárias que podem chegar até 2,0 m de profundidade, seu caule é arredondado, liso, esverdeado e recoberto com cera, também apresenta folhas grandes de coloração verde-escuro, com 5-11 lóbulos, flores agrupadas na panícula terminal (cacho), com flores masculinas (na região basal da inflorescência), femininas (região apical) e hermafroditas (BELTRÃO e AZEVEDO, 2007).

Por ser uma espécie polifórmica, a mamoneira apresenta grande variação quanto: ao hábito de crescimento; à cor da folhagem e do caule; tamanho das sementes; conteúdo de óleo e coloração e porte (altura das plantas), sendo uma planta perene quando as condições do ambiente, especialmente a temperatura e a umidade, permitem (WEISS, 1983). De acordo com Popova e Moshkin (1986), a mamoneira pode atingir até 10 m de altura e viver mais de 10 anos; a altura é controlada por fatores genéticos e ambientais.

Apresenta sistema radicular pivotante e raízes fistulosas, bastante ramificadas (WEISS, 1983). Dependendo do tipo de solo em plantios comerciais, a raiz principal penetra no solo até 3,0 m, podendo atingir até 6,0 m. Quando em condições de baixa umidade do solo por longos períodos, a raiz principal tem maior penetração do que se estivesse num solo úmido (POPOVA e MOSHKIN, 1986; EMBRAPA, 2003).

O caule, com grande variação de cores, apresenta-se impregnado por cera e com nós bem definidos, sendo suculento e tenro quando novo e lenhoso quando a planta envelhece; o



crescimento da haste principal é vertical e sem ramificação até o aparecimento da 1ª inflorescência. Os ramos laterais se desenvolvem da axila da última folha, logo abaixo da inflorescência, apresenta desenvolvimento com a forma juvenil diferente da adulta, em especial com relação às folhas primárias (cotiledonares) e as demais digitalobadas, denticuladas e de pecíolos longos com 20 a 50 cm de comprimento (AZEVEDO e BELTRÃO, 2007).

As folhas, expansão laminar do caule, são simples, grandes, com largura do limbo que pode chegar a 60 cm no comprimento maior, do tipo digitiolobadas e com pecíolos longos, com 20 a 50 cm de comprimento. As principais variações nas folhas da mamoneira estão na cor, na cerosidade, no número de nervuras principais, no comprimento do pecíolo, no número de glândulas e na profundidade dos lóbulos, em geral variam de sete a nove em cada folha, que podem apresentar cor verde ou avermelhada (AZEVEDO e BELTRÃO, 2007).

A mamoneira é uma planta monóica, com a inflorescência do tipo panícula, denominada racemo, com flores femininas acima e masculinas na parte inferior (que possuem estames ramificados de cor amarela); em virtude do seu tipo de inflorescência, em especial da sua conformação e da distribuição de flores, a polinização é do tipo anemófila, podendo a taxa de alogamia chegar a mais de 40%, embora seja considerada autógena (RIBEIRO FILHO, 1966).

A flor masculina, se abre, geralmente, por volta de 2 a 3 horas antes do amanhecer (WEISS, 1983) liberando grãos de pólen viáveis por 1 a 2 dias; depois, a camada de abscisão é formada e ela cai no solo. O botão floral feminino tem forma cônica, estreita, com 0,6 a 1,2 cm de comprimento e 0,2 cm a 0,4 cm de diâmetro (MOSHKIN, 1986; PRATA, 1969; MAZZANI, 1983). A flor feminina possui pedúnculo geralmente não articulado e cálice com cinco sépalas desiguais, ovário súpero tricarpelar, com placentação axial, estilo curto e trifurcado (MAZZANI, 1983).

O fruto da mamona é uma cápsula que pode ser lisa ou com estrias semelhantes a espinhos, podendo ser deiscentes ou indeiscentes. De acordo com Graner e Godoy Junior (1967) os frutos podem ser pouco papilados, muito papilados, inerme liso e inerme rugoso. O cacho, que é a infrutescência, tem conformação cônica, cilíndrica ou mais ou menos esférica. De acordo com Mazzani (1983), a variabilidade dos frutos se manifesta na cor, na cerosidade, na forma, no tamanho, na deiscência, na caducidade e na presença ou ausência de papilas (acúleos), vulgarmente denominados espinhos.

A semente apresenta grande variabilidade, tanto na cor, forma, tamanho, peso, proporção do tegumento, presença e ausência de carúncula e maior ou menos aderência do

tegumento ao endosperma (MAZZANI, 1983). O peso médio de 100 sementes varia de 68 a 71 g para as cultivares Nordestina e Paraguaçu (AZEVEDO e BELTRÃO, 2007)

Em geral as variedades de mamoneira têm um ciclo vegetativo médio que varia entre 180 a 240 dias. Entre os cultivos mais utilizados no consórcio com mamona na região semiárida brasileira destacam-se feijão, milho, sorgo, algodão, gergelim, amendoim e abóbora.

As plantas do cultivar BRS 149 (Nordestina) têm altura média de 1,90m, caule de coloração verde com cerosidade, racemo cônico, frutos semi-deiscentes e sementes de coloração preta, com período entre a emergência da plântula e a floração do primeiro racemo de 50 dias em média; peso médio de 100 sementes de 68g; teor de óleo na semente de 48,90 % e com produtividade média, também em sementes, de 1.500kg/ha nas condições semi-áridas do Nordeste, em anos normais quanto à precipitação pluvial. O ciclo, a partir da emergência das plântulas à última colheita, é de 250 dias, em média (EMBRAPA, 2002). Já as plantas do cultivar BRS 188 (Paraguaçu) têm altura média de 1,60m, caule de coloração roxa com cerosidade, racemo oval, frutos semi-deiscentes e sementes de coloração preta. O período entre a emergência da plântula e a floração do primeiro racemo de 54 dias em média; peso médio de 100 sementes de 71g; teor médio de óleo na semente de 47,72 % e com produtividade média e ciclo vegetativo similares a Nordestina (EMBRAPA, 2002).

Trata-se de uma planta de metabolismo e expressão do sexo complexos, esta última, muito variável, dependendo do ambiente e da carga genética de cada genótipo. Existem tipos femininos estáveis, femininas instáveis, hermafroditas (que é o normal), com flores separadas, somente masculinas, monóicas comuns e outros. É basicamente uma planta de fotoperiodismo de dia longo, porém, se adapta bem em outros regimes de luminosidade, inclusive de dias curtos com duração de 9 a 12 horas, embora que dentro deste limite o crescimento seja reduzido, dias longos favorecem a formação de flores femininas, enquanto os curtos favorecem as masculinas (BELTRÃO et al., 2001).

Um outro fator de importante para o crescimento da cultura diz respeito à altitude, de forma que, áreas abaixo de 300 m induzem a planta a emitir folhas em excesso e ao abortamento de flores; por outro lado, altitudes superiores a 1500 m, com predominância de temperaturas abaixo de 10° C, inviabilizam a produção de pólen e conseqüentemente, de frutos e sementes (CARVALHO, 2005).

A mamona é uma espécie que ocorre em todo o Brasil, sendo adaptada aos mais diversos locais. A temperatura ideal para o desenvolvimento da cultura é de 20°C a 30°C e a temperatura ótima é de 23°C. Temperaturas altas na fase de floração, maiores que 40°C,

podem provocar a senescência das flores, prejudicando a produção de frutos. Nesta situação, também ocorre a reversão sexual das flores, aumentando a quantidade das masculinas e diminuindo a de femininas, reduzindo a quantidade de óleo. Por outro lado, temperaturas médias do ar inferiores a 10°C podem inviabilizar o pólen, impedindo, também, a produção de sementes.

A temperatura ideal para crescimento e maturação dessa oleaginosa varia de 20 a 30° C (SILVA, 1981), sendo a ótima em torno de 28° C; entretanto, seu cultivo é possível em temperaturas de até 33° C. A faixa ideal de precipitação para obtenção de produções acima de 1500 kg/ha varia entre 750 e 1500 mm, com um mínimo de 600 a 750 mm durante todo o ciclo da cultura, planejando-se o plantio de forma que a planta receba de 400 a 500 mm até o início da floração (TÁVORA, 1982).

#### **3.4. Necessidades hídricas da cultura**

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

Amorim Neto et al. (2001), atestam ser a mamona resistente ao estresse hídrico uma vez que a cultura apresenta-se produtiva praticamente o ano inteiro na região do Nordeste brasileiro que é caracterizada por apresentar déficit hídrico, onde a capacidade de armazenamento dos solos permanece a maior parte do ano abaixo de sua satisfação plena em função da elevada demanda evapotranspirométrica, que supera substancialmente ao total de chuvas precipitadas.

O fato de ter um sistema radicular robusto e denso que explora camadas profundas do solo, reforça as indicações da mamona como planta tolerante à seca, face a sua capacidade de ir buscar água em profundidades consideráveis, o que também tem contribuído para sua constante inclusão em sistemas que utilizem a rotação de culturas, uma vez que pode favorecer o desempenho de culturas posteriores que necessitem de camadas mais revolvidas do solo (RAMOS et al., 2006).

Segundo Doorenbos e Pruitt (1997), a mamona cultivada em áreas de clima semiárido ou árido, apresenta ciclo vegetativo de aproximadamente 180 dias, dividido em quatro fases fenológicas do plantio a colheita dos frutos, sendo elas assim definidas: inicial (0 a 25 dias), de desenvolvimento (26 a 40 dias), intermediária (41 a 65 dias) e final (65 a 115 dias). Segundo ainda estes autores, o coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) para a fase intermediária pode variar de 1,05 a 1,20 em função da umidade relativa do ar e da velocidade do vento, tornando-se constante (0,5) na fase final do cultivo.

Curi e Campelo Júnior (2004), na tentativa de quantificar a água exigida pela cultura da mamona em regiões do Estado do Mato Grosso, com a cultivar Íris, cujo ciclo vegetativo chegou aos 110 dias, detectaram sete estádios fenológicos do plantio a colheita desta cultivar, com o coeficiente de cultura ( $K_c$ ), obtido pela razão entre a Evapotranspiração máxima e a Evapotranspiração de referência ( $ET_m/ET_o$ ), variando de 0,15 a 1,37 ( $K_c$  médio de 0,72), de forma que, o  $K_c$  para as fases de maior demanda hídrica (início da fase reprodutiva e floração) apresentaram-se superiores aos citados anteriormente por Doorenbos e Pruitt e recomendados pela FAO (1,05 e 1,20).

Lima et al. (2004) ressaltam a escassez de estudos com relação à eficiência do uso de água pela mamona, de forma que, em avaliações realizadas através dos componentes do balanço de energia, numa região do brejo paraibano por um período de 60 dias (a partir do semeio), encontram valores para evapotranspiração da cultura num total de 88,3 mm, com média de 1,84 mm  $d^{-1}$ . Neste sentido, Carvalho (2005) indica que a prática da irrigação, assim como as pesquisas na área são realmente bastante escassas na cultura. Entretanto, produtividades obtidas sob condições de pivô central no Estado da Bahia, têm confirmado o potencial das cultivares BRS 149 e 188 quando manejadas adequadamente, chegando a apresentar rendimentos médios acima dos 5 toneladas por hectare.

O déficit hídrico está entre os fatores que mais limita amplamente a produtividade vegetal (BOYER, 1982; JENSEN et al., 1996). Segundo Boyer (1982), uma grande porcentagem de todos os vegetais do mundo é exposta a períodos crônicos ou esporádicos de seca. E, mesmo na ausência de seca efetiva, como em regiões relativamente úmidas, a distribuição irregular das chuvas e outros fatores ambientais limitam o desenvolvimento e a produtividade de vegetais em alguma fase de seu ciclo ou em algum período do dia (Boyer, 1982).

Em condições de campo, as plantas podem sofrer o déficit hídrico quando o suprimento de água para as raízes se torna difícil ou quando a taxa de transpiração se torna muito alta (BRAY, 1997; REDDY et al., 2004). As condições citadas são observadas em

regiões áridas e semi-áridas. O déficit hídrico afeta, em grau variado, todos os estágios ontogenéticos das plantas, induzindo modificações morfológicas, fisiológicas e metabólicas em todos os órgãos. Em ambientes naturais, tais modificações são graduais, afetando primariamente os processos mais sensíveis. Em conjunto, tais processos podem levar a alterações metabólicas que culminarão no fim do desenvolvimento (TARDIEU, 1996). Para garantir sua sobrevivência, as plantas necessitam manifestar respostas rápidas que lhes permitam lidar com tal situação, evitando a desidratação, tolerando a desidratação ou maximizando a eficiência do uso de água (MULLET e WHITSITT, 1996).

Quase todas as espécies vegetais parecem apresentar mecanismos de tolerância ao déficit hídrico, porém, a extensão dessas respostas varia de acordo com a espécie vegetal, a cultivar estudada, a duração e a intensidade do estresse e a fase ontogenética em que ocorre (BRAY, 1997; REDDY et al., 2004). Além disso, respostas celulares específicas podem variar dependendo do órgão, do tipo e do desenvolvimento celular, bem como o compartimento subcelular em que ocorrem (MULLET e WHITSITT, 1996; BRAY, 1997). A resistência ocorre quando a planta enfrenta o estresse imposto, o que pode ser alcançado por meio de tolerância, ou mecanismos que permitam a fuga à situação (BRAY, 1997).

O crescimento celular é considerado o processo mais sensível à baixa disponibilidade de água no solo (KRAMER e BOYER, 1995), com a divisão e expansão celular sendo diretamente inibidas pelo estresse hídrico (ZHU, 2001). Esta sensibilidade deve-se ao impacto do déficit hídrico sobre a taxa de expansão das células, devido à perda no turgor (KOZIOWSKI e PALLARDY, 1997).

As plantas podem manter o turgor pela acumulação de solutos (ajuste osmótico), e possivelmente pelo ajuste da elasticidade das suas paredes celulares (Marshall e Dumbroff, 1999). O ajuste osmótico, assim como o fechamento dos estômatos, permite às plantas escapar da desidratação e da perda do turgor pela manutenção do conteúdo de água nas células. Além disso, as plantas submetidas a um estresse hídrico podem escapar da redução no potencial hídrico e manter o turgor pela redução na elasticidade de suas paredes celulares (SAITO e TERASHIMA, 2004)

De acordo com Jones (1994), a parte aérea é o componente da planta mais afetado pela baixa disponibilidade de água no solo, pois a redução no seu crescimento ocorre antes da redução no crescimento das raízes, o que resulta em um aumento na razão de biomassa entre raiz e parte aérea. A profundidade do sistema radicular exerce um importante papel na capacidade das plantas em absorver água.

Ultimamente, acentuam-se os estudos em busca de diferentes critérios na determinação da disponibilidade da água do solo para as plantas e do momento e duração de ocorrências de déficit hídricos nas mais variadas regiões e suas implicações no crescimento e desenvolvimento de várias culturas (SANTOS e CARLESSO, 1998).

De acordo com Reichardt (1985), os vegetais geralmente absorvem centenas de gramas de água para cada grama de matéria seca que produzem, logo, para crescerem adequadamente, precisam ter garantido uma reserva de água tal que o consumo exigido pela demanda *evapotranspirométrica*, regida pelos fenômenos atmosféricos, seja plenamente atendido pelo suporte hídrico presente no solo.

Para Withers e Vipond (1988), o solo acumula uma quantidade limitada de água, da qual só parte é disponível às plantas, o que determina a necessidade de irrigá-lo antes que esta fração seja totalmente consumida.

Na tentativa de entender melhor as implicações diretas da disponibilidade da água do solo para as plantas, é necessário conhecer o fenômeno da retenção da água pelo solo (GUERRA, 2000). Segundo Libardi (2000), dois são os processos responsáveis diretamente pela retenção de água no solo, a capilaridade (a retenção ocorrendo nos microporos dos agregados), fenômeno associado à interface ar – água, regido por uma complexa e irregular rede, composta por poros e canais, que tem origem na formação e estruturação dos sólidos e a retenção da água nas superfícies dos sólidos do solo, onde a água comporta-se como filmes presos a estas superfícies, constituindo um fenômeno comumente chamado de adsorção.

### **3.5-Manejo da poda**

Uma prática importante no manejo da mamoneira diz respeito à poda em cultivares de médio e alto porte, objetivando, além da redução dos custos de produção no segundo ciclo, diminuir o porte das plantas, facilitando as operações de colheita, além de estimular a emissão de ramos laterais e o conseqüente aumento de rendimento da cultura (AZEVEDO et al., 1997 e CARTAXO et al., 2004). Os autores recomendam que o corte no caule das plantas logo após o término da colheita do primeiro ciclo quando as plantas entram em “repouso” vegetativo, seja realizado entre 30 a 60 cm acima da superfície do solo e no sentido transversal, para evitar o acúmulo de água e a possível entrada de patógenos.



estande e produtividade insatisfatória. Cultivares de porte baixo ou anãs e híbridos não são apropriadas para cultivo com poda (Weiss, 1983).

Ávila et al. (2008), descrevem um atraso na floração das plantas de mamoneiras que foram podadas no Rio Grande do Sul, o que pode reduzir o rendimento de frutos na primeira safra após a poda. Esses autores destacam que os resultados não são conclusivos, pois se baseiam em dados de floração de apenas um ano após a poda. Mas como o número de ramos nas plantas podadas foram maiores e mais vigorosos, os autores supõem que as produções sejam superiores na segunda safra.

Visando a redução dos custos de implantação da lavoura, a poda da mamoneira já é muito utilizada no Brasil (SAVY, FILHO, 2005, AZEVEDO et al., 2007). A “mamoneira BRS Nordestina” é considerada de ciclo anual, com cerca de 250 dias (ANDRADE et al., 2006), mas pode ser cultivada por meio do manejo da sua copa com podas drástica após cada período de produção, por dois ou mais anos consecutivos dependendo do estande e características físicas e químicas do solo. Denominada de poda seca, sua indicação é após a última colheita do primeiro ciclo, quando a mamoneira começa a diminuir a sua atividade fisiológica e há formação de racemos com poucos frutos e em altura elevada que dificulta a colheita. Para Azevedo et al. (2007), a lavoura deve ser podada no máximo uma vez, em pequenas áreas de cultivo onde predomina o emprego de mão de obra familiar e cultivo de mamoneira de portes médio e alto, consorciada com culturas alimentares, como o caupi, e que não sejam favoráveis à ocorrência de podridão de *Macrophomina* e de *Botryodiplodia* (áreas de solos pouco férteis, temperaturas altas e clima muito seco). Durante o período seco, grande parte das plantas pode morrer por essas doenças, ocasionando baixo estande e, conseqüentemente, baixo rendimento econômico.

O segundo ciclo da cultura obtido a partir da poda, apresentou crescimento, desenvolvimento e capacidade produtiva semelhantes aos do primeiro ciclo, com elevado padrão de qualidade do produto final. (LACERDA 2010)



## 4 – MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Localização do Experimento

O experimento foi realizado em condições de campo no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais – CCAA, Campus II da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, que está localizado no Sítio Imbaúba, s/n, Zona Rural, Município de Lagoa Seca - PB. Microrregião de Campina Grande, Agreste Paraibano. Tem altitude média de 634 m e coordenadas geográficas: 7° 15' 18" S e 35° 52' 28" W. Área total de 45 ha constituída de áreas experimentais (26 ha) e reservas florestais (19 ha). Dista 8,0 km da cidade de Campina Grande, PB, polo de maior relacionamento. Os dados climatológicos, precipitação provável, temperatura, umidade relativa constam nos anexos.

### 4.2. Caracterização do solo e da Água de Irrigação

O solo predominante na área de estudo é o Neossolo Regolito Eutrófico, com textura franco-arenoso e baixo teor de matéria orgânica. Suas características químicas e físico-hídricas se encontram nas tabelas 1 e 2, conforme análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da UFCG, seguindo a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

**Tabela 1. Atributos físicos - hídricos do solo da área do experimento.**

CARACTERISTICAS	VALOR
Argila g.kg <sup>-1</sup>	177,6
Silte g.kg <sup>-1</sup>	110,4
Areia g.kg <sup>-1</sup>	712,0
Classificação Textural*	Franco Argilo Arenoso
Densidade	1,42
Densidade das partículas	2,65
Porosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,4641
Capacidade de Campo (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,1780
Ponto de Murcha Permanente (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,0589
Água disponível para as plantas (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,1191

\* Classificação segundo o Depto. de Agricultura dos Estados Unidos (USDA)

**Tabela 2. Atributos químicos do solo após correções da acidez**

CARACTERISTICA	Resultados
Cálcio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	3,16
Magnésio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,46
Sódio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,05
Potássio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,14
Soma de Bases (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	5,84
Hidrogênio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	3,72
Alumínio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,06
CTC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	9,62
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausência
Carbono Orgânico g kg <sup>-1</sup>	6,70
Matéria Orgânica g kg <sup>-1</sup>	11,50
Nitrogênio g kg <sup>-1</sup>	0,63
Fósforo Assimilável (mg dm <sup>-1</sup> )	5,21
pH em água (1:2,5)	6,78
Condutividade Elétrica (mmhos cm <sup>-1</sup> )	0,14
<b>Extrato de saturação</b>	
pH	6,38
Condutividade Elétrica (mmhos cm <sup>-1</sup> )	0,63
Cloreto (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	3,75
Carbonato (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	0,00
Bicarbonato (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	2,43
Sulfatos (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	Ausência
Cálcio (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	0,87
Magnésio (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	2,04
Potássio (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	0,50
Sódio (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	2,16
Porcentagem de Saturação de Bases	21,66
Relação de Adsorção de sódio	1,54
Porcentagem de Sódio Trocável	0,76
Classificação de Salinidade	Não Salino

A água utilizada para irrigação (TABELA-3) foi analisada quimicamente no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), segundo metodologia recomendada pela EMBRAPA (1997 b).

**Tabela 3. Características da água de irrigação da fazenda experimental**

CARACTERÍSTICAS	VALOR
pH	7,32
Condutividade Elétrica ( $\mu\text{Sc cm}^{-1}$ )	880
Cálcio ( $\text{meq l}^{-1}$ )	1,71
Magnésio ( $\text{meq l}^{-1}$ )	2,29
Sódio ( $\text{meq l}^{-1}$ )	4,30
Potássio ( $\text{meq l}^{-1}$ )	0,58
Carbonatos ( $\text{meq l}^{-1}$ )	0,00
Bicarbonatos ( $\text{meq l}^{-1}$ )	3,38
Cloretos ( $\text{meq l}^{-1}$ )	4,90
Sulfatos ( $\text{meq l}^{-1}$ )	0,00
Relação de adsorção de Sódio (RAS)	3,05
Classe de água para irrigação	C <sub>3</sub>

#### 4.2.1. Textura

Utilizou-se o Método do Densímetro de Bouyoucos (1951), a partir do qual determinou-se as percentagens de areia, silte e argila do solo. A classificação textural do solo foi obtida utilizando-se o Triângulo de Classificação Textural do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

#### 4.2.2. Densidade global e das partículas - Porosidade

Para determinação da densidade global, utilizou-se o método do cilindro (EMBRAPA, 1997b) obtendo-se desta forma amostras de solo o mais próximo possível de sua condição natural. Para isto, introduziu-se completamente no interior do perfil, no sentido vertical, um amostrador do tipo Uhland cujo cilindro apresenta uma capacidade de coleta de solo da ordem de  $96 \text{ cm}^3$ ; em seguida, com auxílio de uma espátula, removeu-se cuidadosamente o excesso de solo em ambas as extremidades, colocando-se cilindro e solo no interior de uma cápsula de alumínio. As amostras foram postas a secar em estufa a  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ ; uma vez seco o solo, pesou a cápsula com cilindro e solo, determinando-se o peso do solo seco.

Na determinação da densidade de partículas utilizou-se na determinação da densidade em condições de campo o método do cilindro (EMBRAPA, 1997), caracterizado por apresentar uma melhor precisão e exatidão em relação aos demais métodos disponíveis.

Para isto, introduziu-se verticalmente no interior do perfil, o amostrador do tipo Uhland; em seguida, com auxílio de uma espátula, removeu-se o excesso de solo, colocou o cilindro com solo no interior de uma cápsula de alumínio. As amostras foram colocadas em estufa a 105° C, até obtenção de peso constante para determinação do peso seco.

A porosidade total do solo ( $P_T$ ) foi calculada pela equação de Veihmeyer expressa

$$\text{como } P_T = \left(1 - \frac{d}{dp}\right) \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

d = densidade do solo;

dp = densidade das partículas.

#### 4.2.3. Curva de retenção de água

A curva de retenção de água para o solo utilizado foi confeccionada a partir de determinações realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da Unidade Administrativa de Engenharia Agrícola da UFCG, através do extrator de Richards, obtendo-se o conteúdo volumétrico  $\theta$  ( $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ) com relação às tensões pré-estabelecidas em Kpa ( 0; 10; 33; 100; 300; 500; 1000 e 1500); em seguida, a curva em evidência foi construída e ajustada de acordo com a metodologia proposta por van Genuchten (LIBARDI, 2000), processada e apresentada através do software SWRC (*Soil Water Retention Curve* versão Beta 3.0).

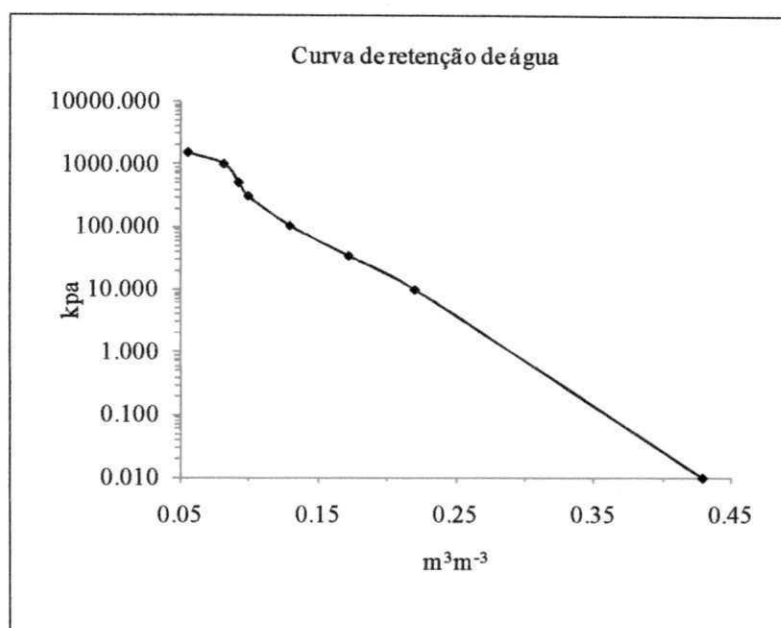


Figura 1. Curva de retenção de água do solo.

#### 4.3. Tratamentos e delineamento estatístico

O experimento visou estudar o efeito de diferentes conteúdos de água disponível no solo sobre duas cultivares de mamona (Nordestina e Paraguaçu) em diferentes fases fenológicas: crescimento, desenvolvimento e produção da mamona.

As lâminas de irrigação aplicadas as cultivares de mamona foram baseadas no conteúdo de água do solo disponível para as plantas, sendo aplicadas em diferentes fases fenológicas, assim identificadas:

**Regime 1 (L1):** 40 % de água disponível do solo nos períodos de 0-60 e 90-150 dias. Dos 61 a 89 e dos 151 a 180 dias a capacidade de campo (100% da água disponível).

**Regime 2 (L2):** 60 % de água disponível do solo nos períodos de 0-60 e 90-150 dias. Dos 61 a 89 e dos 151 a 180 dias a capacidade de campo (100% da água disponível).

**Regime 3 (L3):** 80 % de água disponível do solo nos períodos de 0-60 e 90-150 dias. Dos 61 a 89 e de 151 a 180 dias a capacidade de campo (100% da água disponível)

**Regime 4 (L4):** Todo o ciclo fenológico a capacidade de campo (100 % de água disponível).

A fase de crescimento foi considerada como o período entre 0 a 60 dias após semeio. A fase de floração entre os 61 aos 89 dias a fase de frutificação entre 90 a 150 dias após semeio e a fase de produção entre os 151 e 180 dias após semeio.

A diferenciação da água disponível em diferentes fases fenológicas deu-se em face da necessidade de conhecer a resposta da mamoneira através do seu crescimento/desenvolvimento e produção após ser submetida a um período de déficit hídrico no solo.

O cálculo da água utilizável pelas plantas de cada tratamento, o qual serviu de base para determinação das lâminas a serem aplicadas em cada irrigação, baseou-se na equação a seguir, proposta por Guerra (2000), onde:

$$AD = CC - PMP / 100 \times Dg \times y \times Z \quad (1)$$

Sendo:

AD - água disponível em cm;

CC - umidade à capacidade de campo;

PMP – umidade correspondente ao ponto de murcha permanente;

Dg – densidade;

y – déficit hídrico estipulado (0 – 1);

Z – profundidade efetiva das raízes de mamona, em cm.(40 cm)

A combinação entre os fatores, cultivar (Nordestina e Paraguaçu) e os níveis de conteúdo de água no solo (L) originou 08 tratamentos, sendo eles: NL1; NL2; NL3; NL4; PL1; PL2; PL3 e PL4, distribuídos em 24 parcelas experimentais. Cada parcela experimental era constituída por uma área útil de 100 m<sup>2</sup>, onde foram cultivadas 50 plantas, espaçadas em 2m x 1m, com 24 plantas úteis e 26 de bordadura. Onde se cultivou as plantas de mamona até os 180 DAS.

O delineamento experimental utilizado neste ensaio foi o de blocos ao acaso, no esquema fatorial 2 x 4, constituído por dois cultivares de mamona e quatro níveis de água no solo, distribuídos em três blocos.

O Os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa estatístico SISVAR – ESAL- Lavras – MG, através do qual foi feita a análise de variância (ANAVA)

aplicando-se o teste de Tukey a 5 % de probabilidade para a comparação das médias dos tratamentos e análise regressão para o fator quantitativo, de acordo com Ferreira (2000).

As Figuras 2 e 3 apresentam o croqui da área experimental, com disposição e medidas das parcelas e respectivos tratamentos.

Bloco III	Bloco II	Bloco I	
P80	N60	P60	10,0 m
N60	P80	N40	
N80	N100	P40	
P100	N40	N100	80,0 m
N40	P100	N60	
N100	P40	P100	
P60	P60	P80	
P40	N80	N40	
10,0 m	30,0 m		

Figura 2. Croqui experimental da área com a disposição das parcelas com seus respectivos tratamentos.

onde:

N= Cultivar BRS 149 - Nordeste;

P = Cultivar BRS 188 – Paraguaçu;

40, 60, 80 e 100 = nível de água disponível (%).



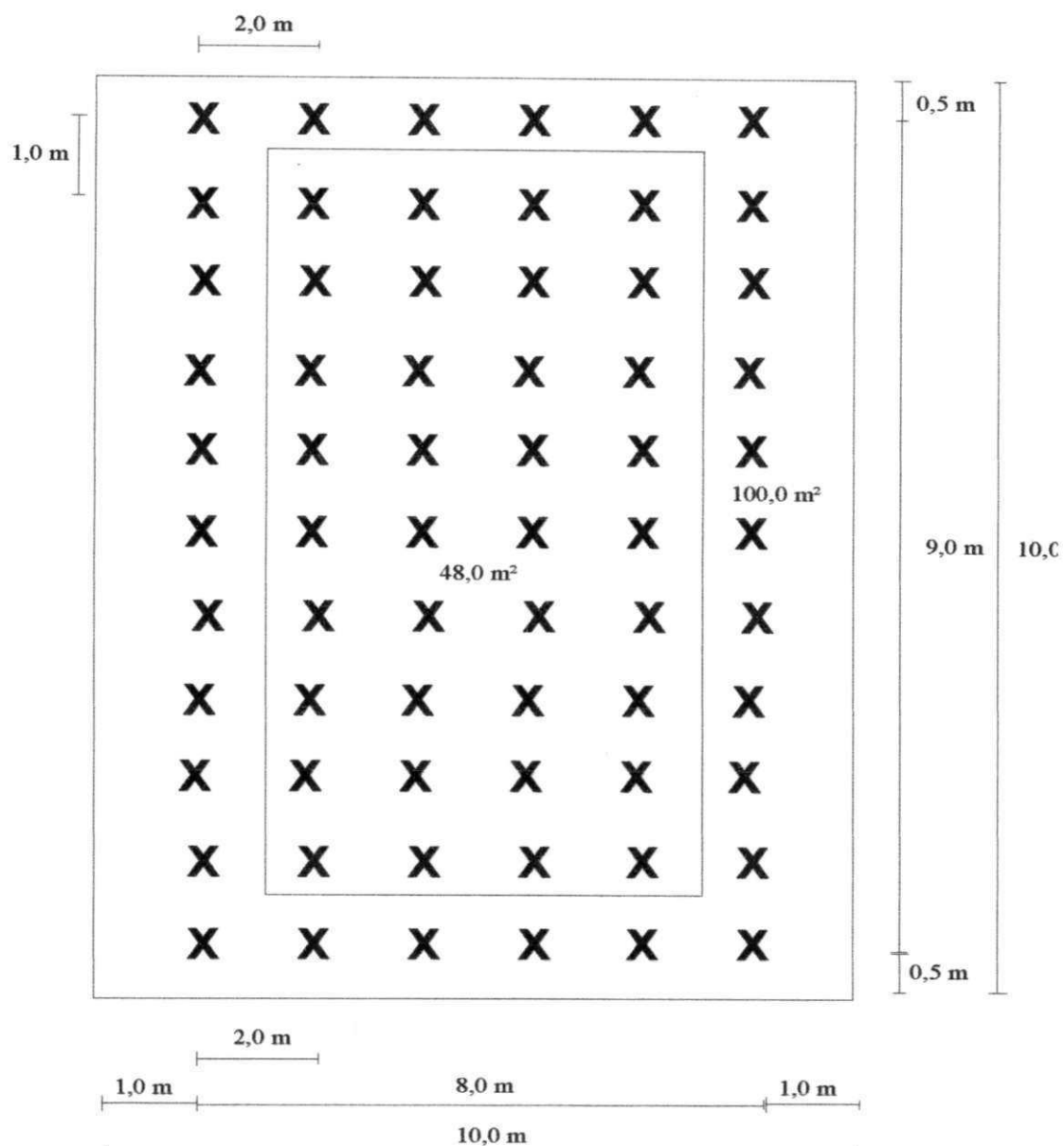


Figura 3. Croqui da parcela experimental - Área de 100m<sup>2</sup>, 66 plantas sendo 36 útil e 30 de bordadura.

#### 4.4. Instalação e condução do experimento

O preparo do solo da área experimental foi realizado através de um arado de 3 discos fazendo inicialmente a aração e em seguida a gradagem utilizando uma de grade aradora de 16 discos, em 19 de junho de 2008.

Neste período foram coletadas amostras compostas na profundidade de 0 a 20 cm, de forma a determinar as características químicas preliminares necessárias para prováveis correções de acidez. A partir dos resultados, constatou a necessidade de correções de acidez do solo cujo pH encontrado se situava a 4,40 procedendo-se em seguida à correção com a aplicação de calcário dolomítico, de forma a elevar o pH para a faixa entre 6,0 e 7,0; valores adequados para o desenvolvimento da cultura.

O plantio foi realizado no dia 25 de outubro de 2008 em curvas de nível do terreno e a profundidade da semente variou entre 2 a 3 cm, sendo lançadas na operação de semeio três sementes por cova. Para a irrigação das plantas utilizou-se um sistema de irrigação localizado composto por um conjunto eletrobomba e tubulação, através deste realizaram a captação e a condução da água pressurizada até a área experimental.

Aos vinte dias após a sementeira (20 DAS), foi realizado um desbaste, deixando-se apenas as duas plantas mais vigorosas por cova, e um segundo aos 30 DAS; a partir dos 60 DAS, coletou-se uma planta por parcela para análise do desempenho de crescimento, desenvolvimento e fitomassa do cultivar, procedendo-se assim aos 90, 120, 150 e 180 dias após o semeio, época em que se realizou uma poda drástica, cortando-se as plantas a 30 cm do colo (tomando-se como base a superfície do solo) dando início ao 2º ciclo de cultivo; sessenta dias após a poda, novas determinações voltaram a ser realizadas para esses mesmos parâmetros de crescimento e desenvolvimento.

O solo foi adubado com superfosfato triplo em fundação na quantidade de 120 kg/ha de  $P_2O_5$  e em cobertura com 100 kg/ha de  $K_2O$  e de N nas formas de cloreto de potássio e uréia, respectivamente, divididos em intervalos de 10 dias aplicados via fertirrigação, com a primeira aplicação 20 dias após o semeio; a adubação para o segundo ciclo obtido a partir da poda foi executada nas mesmas quantidades e seguindo a mesma forma de aplicação do primeiro ciclo.

As irrigações subsequentes foram realizadas quando o conteúdo de água no solo atingia níveis abaixo dos pré-determinados, correspondentes aos tratamentos estudados (100, 80, 60 e 40 % da água disponível), por meio de medições em dias alternados do conteúdo de água do solo (volume em %) determinado pelo uso da Sonda TDR Modelo TRIME - FM -

Versão P2, repondo-se a lâmina, utilizando-se água proveniente de açude próximo da área experimental. As leituras do TDR para cada profundidade foram lançadas numa planilha eletrônica (Excel) que contabilizou o conteúdo de água em todas as camadas do solo, realizando um balanço de água existente ao longo do perfil do solo, determinando assim o volume de água a ser aplicado de acordo com os limites de cada tratamento.

#### **4.5. Variáveis analisadas**

##### **4.5.1. Altura de planta**

A altura das plantas (AP) foi determinada através de uma trena, medindo está do colo da planta a base da folha mais nova, no período de (em função de não haver diferenciação aos 30 dias) 60, 90, 120, 150 e 180 dias após a semeadura (DAS).

##### **4.5.2. Diâmetro do caule**

A medição do diâmetro do caule (DC) foi realizada com um paquímetro, cujas leituras foram efetuadas na região do colo de cada planta, nos mesmos períodos estabelecidos para a mensuração da altura das plantas (AP).

##### **4.5.3. Área foliar**

Na medição da área foliar (AF) foram consideradas aquelas que apresentavam comprimento mínimo de 3,0 cm, com leituras sendo realizadas também em intervalos de 30 em 30 dias até os 180 dias após a semeadura (DAS).

Foi calculada de acordo com o método de Wendt (1967), cuja fórmula utilizada encontra descrita a seguir:

$$\text{LOG (Y)} = - 0,346 + [ 2,152 * \text{LOG (X)} ] \quad (3)$$

Onde:

Y = área foliar (cm<sup>2</sup>)

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

#### 4.5.4. Dias para emissão da 1ª inflorescência (DEI), altura de emissão da 1ª inflorescência (AEI) e número total de inflorescências emitidas (NIE)

Foram consideradas e computadas todas as inflorescências após a antese, medindo-se a sua altura do colo da planta até a base da inflorescência.

#### 4.5.5. Fitomassa da parte aérea (FT)

A quantificação da fitomassa da parte aérea (FPA) foi feita a partir do material colhido durante as avaliações biométricas ao longo da condução do experimento (60, 90, 120, 150 e 180 DAS). Este material seguiu para a estufa de circulação de ar, mantida a temperatura de 60 °C e posteriormente pesado em balança de precisão.

#### 4.5.6. Razão de área foliar (RAF)

A partir dos valores da fitomassa e da área foliar, obtidos durante o ciclo da cultura, determinou-se a RAF através da relação entre a área foliar e a fitomassa total, de acordo com a equação descrita por Ferri (1985).

$$RAF = \frac{AF}{FPA} \text{ (m}^2 \text{ / kg)} \quad (4)$$

em que:

AF – área foliar no tempo t (m<sup>2</sup>);

FPA – fitomassa da parte aérea no tempo t (g).

#### **4.5.7 - Produtividade média de frutos**

Computaram-se todos os frutos produzidos até o último cacho maduro; após cada coleta ao longo do ciclo da cultura, os frutos foram secados ao ar até apresentarem peso constante.

#### **4.5.8 Peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação semente/fruto**

Foram coletados 100 frutos de cada parcela; secados ao ar, foram pesados e posteriormente abertos, procedendo-se à pesagem de 100 sementes em uma balança de precisão para cada tratamento; em seguida, contabilizou-se a relação de peso entre sementes/fruto.

#### **4.5.9. Teor de óleo nas sementes**

O teor de óleo nas sementes foi determinado através da técnica de Ressonância Magnética Nuclear (RMN), utilizando-se um espectrômetro da marca Oxford 4000 de onda contínua para análise quantitativa, com base na emissão de corrente de rádio freqüencial de 250 mA, para um volume de amostra de 40 cm<sup>3</sup> e um tempo de integração de 20 segundos.

As determinações, teores de óleo, foram realizadas nas dependências dos Laboratórios da EMBRAPA – CNPA em Campina Grande.

#### **4.5.10. Consumo de água pela mamona**

Foram calculadas diariamente as quantidades de água em volume consumidas pelas plantas, obtidas em função das leituras realizadas através do TDR e processadas a partir de uma planilha eletrônica (Excel) na qual se obtinha o volume necessário de manutenção dos níveis preestabelecidos para os respectivos tratamentos, formando-se um banco de dados dos quantitativos de água a serem repostos diariamente até os 180 dias, bem como o consumo cumulativo para todo o período.

#### 4.5.11. Eficiência do uso de água

A eficiência do consumo de água pela mamona foi determinada pela relação entre o peso da matéria seca total (FT) e o volume efetivamente consumido de água em cada tratamento, sendo:

$$\text{Eficiência} = \text{gramas de matéria seca} / \text{litros de água consumidos (Kg/m}^3\text{)}.$$

Em condições de estresse hídrico, a maioria dos vegetais busca alternativas para diminuir o consumo de água, reduzindo principalmente a transpiração e, entre as adaptações mais conhecidas, tem-se a redução da área foliar através da diminuição da quantidade de folhas (FAGERIA, 1989). Para Benicasa (1988), o declínio da área foliar na medida em que as plantas se desenvolvem também pode ser decorrente da interferência das folhas superiores sobre as inferiores (autosombreamento), o que provocaria diminuição da área foliar a partir de determinada fase do ciclo fenológico da cultura.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 PRIMEIRO CICLO

#### 5.1.1 Altura da planta

Os resultados das análises de variância (ANAVA) dos dados referentes à altura da planta são apresentados na Tabela 4. Observa-se que a mamona quando submetida a diferentes conteúdos de água disponível do solo, aplicada em diferentes estágios fenológicos da planta, afetam significativamente ao 1% de probabilidade a altura das plantas. Com relação às cultivares estudadas BRS-188 Paraguaçu e BRS 149- Nordeste não houve diferenças significativas entre si com relação à altura das plantas, esta análise permite constatar que não houve significância estatística entre as cultivares nas fases do ciclo estudado dos 180 DAS. No que se refere aos diferentes níveis de água disponível no solo para as plantas constatou-se diferença significativa no desenvolvimento da altura da planta ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ), com exceção dos dados colhidos aos 60 e 180 DAS, que apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ), com elevada superioridade do tratamento cujo solo foi mantido no nível de 100% de água disponível.

A altura média das plantas conduzidas sem estresse hídrico (ao nível de 100 % de água disponível) no último período de avaliação do experimento (180 DAS) foi de 226,16 cm e 230,25 cm, respectivamente, para os cultivares BRS 149 Nordeste e BRS 188 Paraguaçu, resultados esses superiores aos obtidos por Barros Junior (2007) que em experimento com as cultivares Nordeste e Paraguaçu em casa de vegetação, encontrou altura de 128,0 cm, em plantas sem estresse hídrico e inferiores aos obtidos por Lacerda (2010), alturas de 228,3 cm e 260,3 cm para o solo com o teor de matéria orgânica de 5,0 e 25,0 g.kg<sup>-1</sup>. As análises de regressões para os diferentes níveis de água disponível, apresentadas na Figura 4, permitem constatar a tendência linear no crescimento na altura das plantas, em todas as épocas. Nota-se que o aumento da altura das plantas, além de linear em todas as épocas de coleta dos dados, também evoluiu de forma crescente com o avanço do ciclo, variando de 0,369 a 1,437 cm na altura da planta por aumento unitário do percentual de água no solo entre os 60 e 180 DAS. Os



resultados estão de acordo como estipulado por (WRIGHT e NAGESWARA RAO,1994).que indicam que o déficit de água no solo reduz a expansão celular e o crescimento das plantas.

Tabela 4. Resumo das análises de variância referente à variável altura da planta no 1<sup>o</sup> ciclo da mamona.

Fonte de variação		Altura				
		Quadrado médio				
GL		60 DAS	90 DAS	120 DAS	150 DAS	180 DAS
Cultivar	1	0,37 <sup>ns</sup>	75,26 <sup>ns</sup>	92,04 <sup>ns</sup>	9,37 <sup>ns</sup>	100,04 <sup>ns</sup>
AD	3	546,15 <sup>**</sup>	4359,45 <sup>**</sup>	5354,93 <sup>**</sup>	4227,93 <sup>**</sup>	8767,48 <sup>**</sup>
Interação	3	0,81 <sup>*</sup>	88,48 <sup>ns</sup>	31,15 <sup>ns</sup>	89,70 <sup>ns</sup>	97,15 <sup>ns</sup>
Blocos	2	73,62 <sup>ns</sup>	85,38 <sup>ns</sup>	67,16 <sup>ns</sup>	149,54 <sup>ns</sup>	492,04 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	15,57	85,45	64,16	95,82	900,70
CV %		5,63	8,89	5,40	5,22	13,15
<b>(AD)</b>						
Reg. Pol. Linear		1635,40 <sup>**</sup>	12393,16 <sup>**</sup>	15663,67 <sup>**</sup>	12669,07 <sup>**</sup>	24796,87 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Quadrado.		2,04 <sup>ns</sup>	128,34 <sup>ns</sup>	392,04 <sup>*</sup>	2,04 <sup>ns</sup>	1305,37 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		1,00 <sup>ns</sup>	556,85 <sup>*</sup>	9,07 <sup>ns</sup>	12,67 <sup>ns</sup>	200,20 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		15,57	85,45	64,16	95,82	900,70
<b>Altura (cm)</b>						
Nordestina		70,00 a	102,25 a	146,33 a	187,08 a	226,16 a
Paraguacu		70,25 a	105,79 a	150,25 a	188,33 a	230,25 a
DMS		3,45	8,09	7,01	8,57	26,27
40% de água disp.		58,66	78,80	118,33	157,50	191,16
60% de água disp.		67,00	85,08	132,00	176,16	210,33
80% de água disp.		73,83	118,33	156,50	198,66	231,33
100% de água disp.		81,00	134,66	186,33,	218,50	280,00

GL- grau de liberdade; CV coeficiente de variação; DMS diferença mínima significativa; AD – água disponível; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

Muitos dos processos fisiológicos são afetados pelo déficit hídrico e como o crescimento é controlado pela divisão celular, seguido de sua expansão, uma quantidade de água insuficiente mantendo células das zonas de crescimento em condições de flacidez, reduz o coeficiente de divisão celular, e mais ainda, a expansão de todas as células impedindo, desta forma, assim o crescimento vegetativo das plantas (HSIAO, 1973).

Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade para avaliar a variação da altura da planta no período, onde constatou-se uma tendência crescente de altura das plantas a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo.

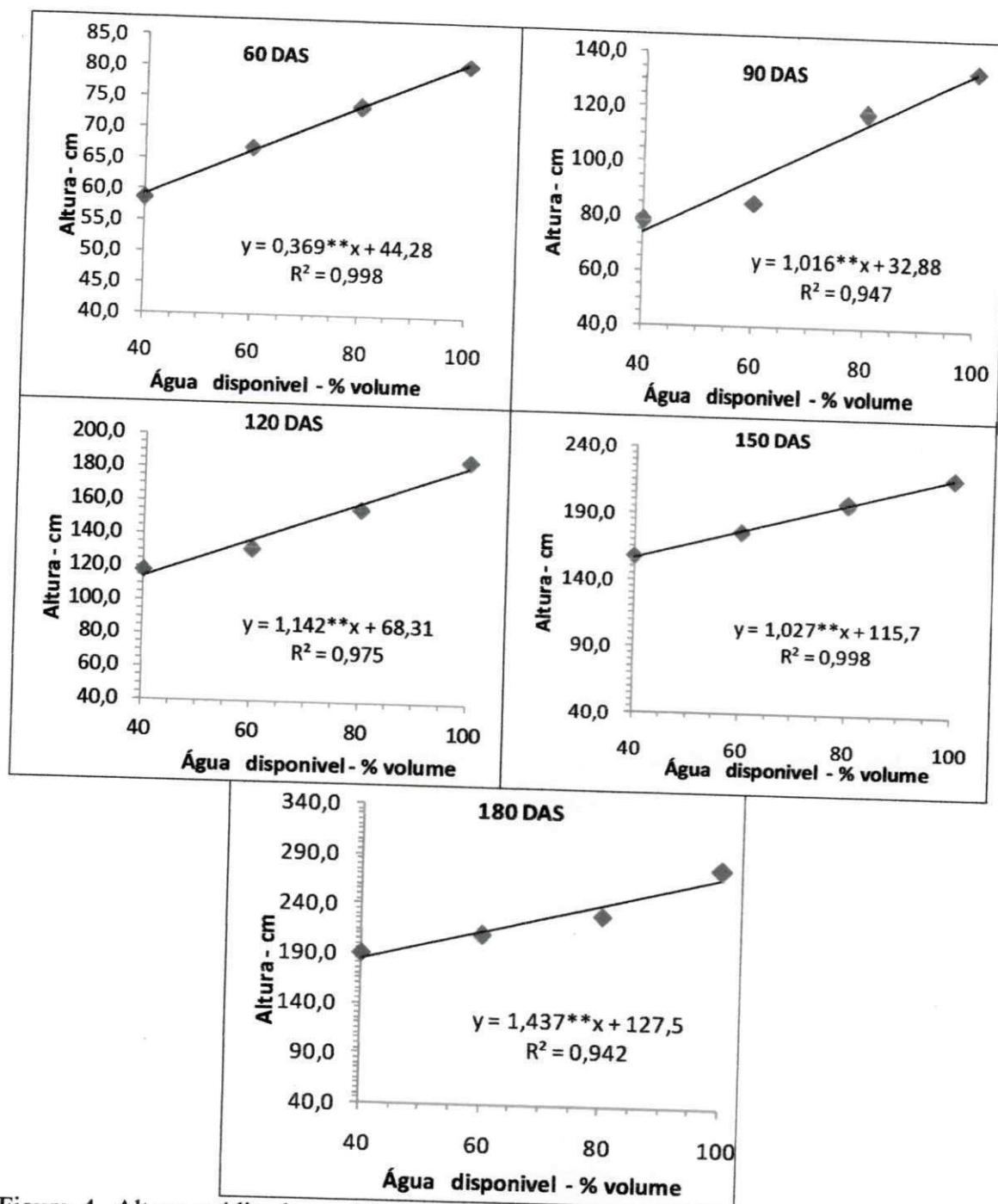


Figura 4. Altura média dos cultivares de mamona em função do conteúdo de água disponível no solo.

### 5.1.2 Diâmetro do caule

O diâmetro do caule (DC) foi mensurado a cada 30 dias a partir dos 60 DAS, realizando-se 5 medições durante o ciclo da mamoneira, submetendo os resultados a análise estatística cujo resumo consta na Tabela 5. Com relação ao diâmetro do caule, os cultivares não houve diferença estatística significativa entre os cultivares BRS - 188 Paraguaçu e BRS - 149 Nordestina apresentando comportamento similar nos cultivares estudados frente ao estresse hídrico provocado pela diminuição do conteúdo de água disponível no solo.

Para o fator água disponível no solo, ocorreram diferenças significativas ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) dos 60 aos 180 DAS. Os tratamentos mantidos a 100% AD aos 180 DAS, apresentaram diâmetro médio do caule de 70,67 mm, verifica-se também que, ao final do ciclo, esses tratamentos apresentaram diâmetros cerca de 1,50 vezes superior aos diâmetros das plantas mantidos a 60 % AD.

Barros Júnior (2007), observou que o aumento da água disponível exerceu elevada significância durante todo o ciclo da cultura, em que o nível mantido sem estresse hídrico apresentou diferenças que variaram de 52% aos 40 DAS a 292% aos 180 DAS acima do diâmetro das plantas cujo conteúdo de água no solo foi mantido a 40 % de água disponível. O autor ressalta, ainda a sensibilidade desta cultivar à redução do conteúdo de água no solo, uma vez que houve diferença considerável entre as plantas com 100% de AD e aquelas conduzidas em solo com 80% de AD, cujo diâmetro do caule apresentou um aumento da ordem de 85% (42,50 mm) em relação às plantas do tratamento anterior (80% de AD), cujo diâmetro médio do caule foi de 23,03 mm.

As análises, das regressões também apresentadas na Tabela 5 e seus respectivos gráficos Figura 5, permitem constatar a tendência de crescimento linear no diâmetro do caule das plantas em todas as épocas. Os resultados obtidos ultrapassam os resultados obtidos por Nascimento (2003) que, mantendo plantas da cultivar de mamona Nordestina (BRS 149) irrigadas sem estresse hídrico por 250 dias, obteve um diâmetro de caule de apenas 18 mm, valor este obtido neste ensaio aos 60 DAS, na condição de 70% de AD; entretanto, Severino et al., (2004 b), avaliando os benefícios da técnica de cultivo bi-anual, também com a cultivar Nordestina obtiveram, através de medições na base do caule, aos 170 dias após o plantio, com plantas adubadas e também sem estresse hídrico, um diâmetro caulinar médio de 43 mm, porém este valor representa cerca de 80,0 % do diâmetro obtido neste trabalho aos 180 DAS (53,4 mm), para as plantas conduzidas sem escassez de água no solo. Sabendo-se que o

Tabela 5. Resumo das análises de variância referente à variável diâmetro do caule no 1º ciclo da mamona

Fonte de variação		Diâmetro				
		Quadrado médio				
	GL	60 DAS	90 DAS	120 DAS	150 DAS	180 DAS
Cultivar	1	0,06 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	34,08 <sup>ns</sup>	2,80 <sup>ns</sup>	15,68 <sup>ns</sup>
AD	3	81,99 <sup>**</sup>	195,89 <sup>**</sup>	372,96 <sup>**</sup>	397,20 <sup>**</sup>	898,82 <sup>**</sup>
Interação	3	4,37 <sup>ns</sup>	8,36 <sup>ns</sup>	8,69 <sup>ns</sup>	4,40 <sup>ns</sup>	10,55 <sup>ns</sup>
Blocos	2	3,38 <sup>ns</sup>	7,25 <sup>ns</sup>	3,24 <sup>ns</sup>	31,02 <sup>ns</sup>	9,76 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	6,62	8,63	15,72	12,78	46,56
CV %		16,43	11,17	10,96	7,97	12,78
<b>(AD)</b>						
Reg. Pol. Linear		242,53 <sup>ns</sup>	576,40 <sup>**</sup>	1080,00 <sup>**</sup>	1133,44 <sup>**</sup>	2392,34 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Quad		2,80 <sup>ns</sup>	9,88 <sup>ns</sup>	9,88 <sup>ns</sup>	50,46 <sup>ns</sup>	277,44 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,64 <sup>**</sup>	1,40 <sup>ns</sup>	29,00 <sup>ns</sup>	7,70 <sup>ns</sup>	26,69 <sup>**</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo		6,62	120,95	15,72	12,78	46,56
<b>Diâmetro (mm)</b>						
Nordestina		15,61 a	26,25 a	34,99 a	44,49 a	52,59 a
Paraguaçu		15,71 a	26,39 a	37,37 a	45,49 a	54,20 a
DMS		2,25	2,57	3,47	3,13	5,97
40% de água disp.		11,133	20,500	28,316	37,316	42,933
60% de água disp.		14,366	23,166	31,066	39,550	46,950
80% de água disp.		17,650	28,200	40,016	47,216	53,050
100% de água disp.		19,516	33,433	45,333	55,250	70,666

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ )

diâmetro do caule é um valor de importância em análises de crescimento, a constata-se a não significância estatística entre as médias obtidas em 05 determinações para as duas cultivares, evidenciou-se entre os cultivares Paraguaçu e Nordestina comportamento de forma semelhante ao ser submetido ao estresse hídrico por variação de conteúdo de água no solo. Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade para avaliar a variação do diâmetro do caule no período, onde se constatou uma tendência crescente do diâmetro do caule das plantas a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo.



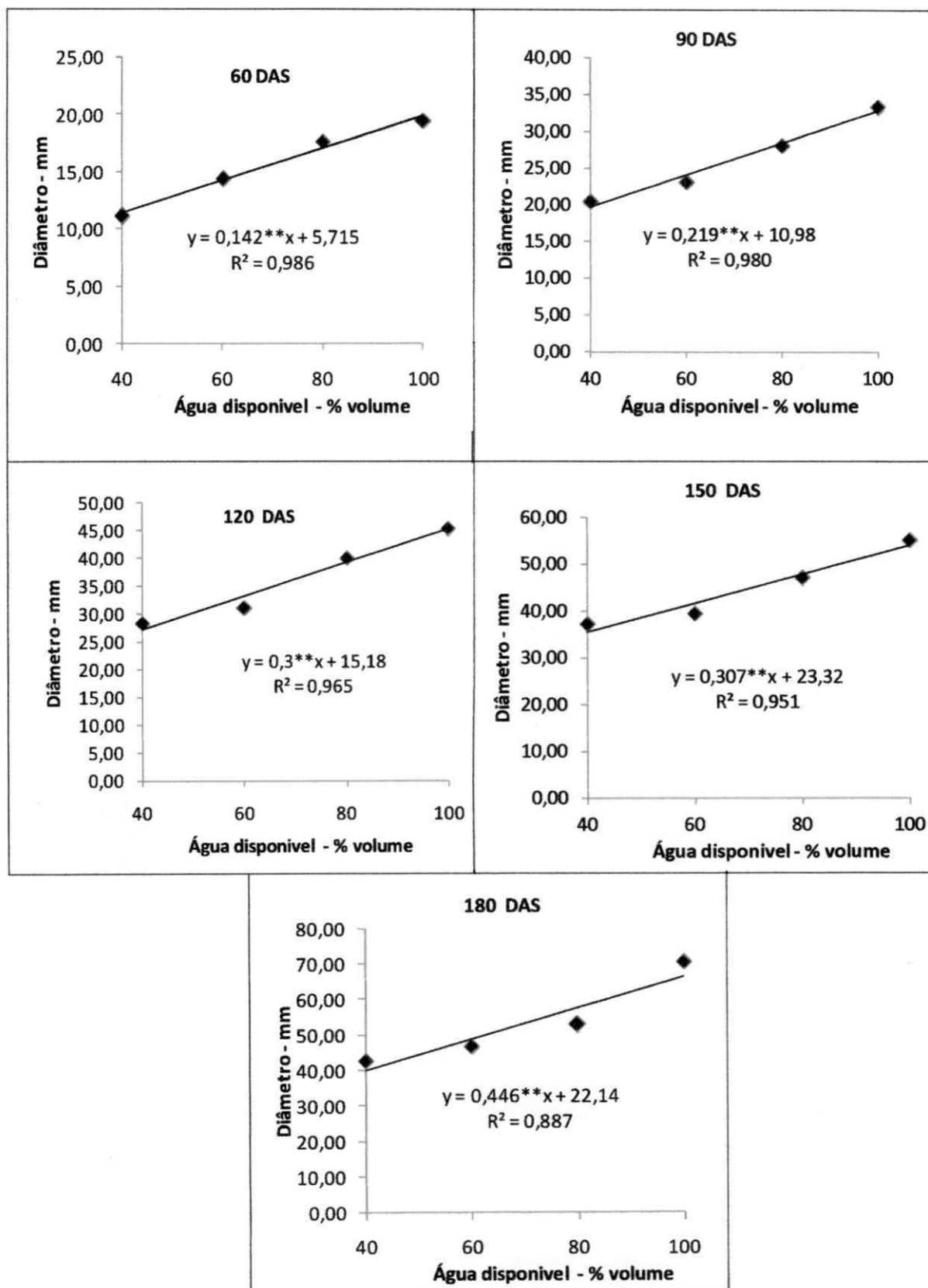


Figura 5. Diâmetro do caule média dos cultivares de mamona em função do conteúdo de água disponível no solo.

### 5.1.3 Área foliar

Com relação a área foliar não houve estatística significativa entre os cultivares BRS- 188 Paraguaçu e BRS -149 Nordestina apresentando comportamento similar frente ao estresse hídrico provocado pela diminuição do conteúdo de água disponível no solo. Os dados apresentados na Tabela 6 com relação ao resumo da análise de variância permite constatar que o efeito da água disponível foi significativo ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) para todo o ciclo, observando-se superioridade do tratamento cujo conteúdo de água foi mantido na capacidade de campo (100% AD) em relação aos demais tratamentos (40; 60 e 80 % de AD), respectivamente. Os referidos valores demonstram que a cultivar estudada apresenta comportamento semelhante para qualquer fase com resultados significativos a 1% de probabilidade, quando submetida a diferentes níveis de água disponível, apenas para o período de 180 DAS, época em que todas as plantas apresentaram uma acentuada tendência de perda de folhas.

Em condições de estresse hídrico, a maioria dos vegetais busca alternativas para diminuir o consumo de água, reduzindo principalmente a transpiração e dentro das adaptações mais conhecidas, tem-se a redução da área foliar através da diminuição da quantidade de folhas (FAGERIA, 1989). Para Benincasa (1988), o declínio da área foliar na medida em que as plantas se desenvolvem, também pode ser decorrente da interferência das folhas superiores sobre as inferiores (autosombreamento), o que provocaria diminuição da área foliar a partir de determinada fase do ciclo fenológico da cultura. Para TAIZ & ZEIGER (1998), os efeitos do déficit hídrico não só limitam o tamanho das folhas individuais (expansão celular), mas também o número de folhas, visto que diminuem a taxa de crescimento dos ramos. O déficit hídrico aumenta a senescência das folhas (WRIGHT et al., 1983), uma vez que ocorre porque o solo seco não pode fornecer nitrogênio suficiente para suprir as necessidades de crescimento da cultura e o nitrogênio do interior da planta é retranslocado das folhas mais velhas para os pontos de crescimento; entretanto, a intensidade da senescência depende da quantidade de nitrogênio no solo, das reservas de nitrogênio na planta e da demanda de nitrogênio dos pontos de crescimento (WOLFE et al., 1988).

Na Figura 6 são mostradas as regressões para a área foliar; verifica-se que o comportamento linear cresce à medida que se elevou o conteúdo de água disponível do solo durante todo o ciclo da cultura. O aumento da área foliar também evolui de forma crescente; com o avanço do ciclo da cultura, a área foliar aos 180 DAS atingiu valores de 3,63 m<sup>2</sup> e 3,72 m<sup>2</sup> para a condição sem estresse hídrico (100% AD).

Tabela 6. Resumo das análises de variância referente à variável Área Foliar da planta no 1<sup>o</sup> ciclo da mamona.

Fonte de variação		Área Foliar				
		Quadrado médio				
	GL	60 DAS	90 DAS	120 DAS	150 DAS	180 DAS
Cultivar	1	0,00 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
AD	3	0,17 <sup>**</sup>	1,00 <sup>**</sup>	12,98 <sup>**</sup>	9,79 <sup>**</sup>	9,92 <sup>**</sup>
Interação	3	0,00 <sup>*</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,02 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	0,00	0,02	0,20	0,26	0,15
CV %		15,42	12,19	13,40	14,62	10,68
<b>(AD)</b>						
Reg. Pol. Linear		0,51 <sup>**</sup>	3,02 <sup>**</sup>	34,55 <sup>**</sup>	27,15 <sup>**</sup>	27,96 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Quad		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	4,35 <sup>**</sup>	2,20 <sup>*</sup>	1,75 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,01 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>**</sup>
Resíduo		0,00	0,02	0,20	0,26	0,15
<b>Área foliar ( m<sup>2</sup> )</b>						
Nordestina		0,41 a	1,25 a	3,23 a	3,51 a	3,63 a
Paraguaçu		0,42 a	1,30 a	3,57 a	3,54 a	3,72 a
DMS		0,05	0,13	0,39	0,45	0,34
40% de água disp.		0,252	0,813	2,239	2,390	2,480
60% de água disp.		0,307	1,108	2,377	2,802	2,983
80% de água disp.		0,498	1,443	3,575	3,654	3,830
100% de água disp.		0,624	1,759	5,418	5,278	5,415

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; (\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,0$ ).

Esses resultados são superiores aos obtidos por Coelho (2006), para a época de avaliação (140 DAS), em ambiente protegido, que conduzindo plantas da cultivar Nordeste sem estresse hídrico, obteve uma área foliar de 1,76 m<sup>2</sup>, e de Rodrigues et al. (2006 b), que obtiveram área foliar média aos 136 DAS de 1,75 m<sup>2</sup> para esta mesma cultivar irrigada com lâmina equivalente à reposição de 1,05% da ETC. A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico, segundo McCree e Fernández (1989) e Taiz & Zeiger (1998), consiste no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas. Quando as plantas são expostas a situações de déficit hídrico exibem, frequentemente, respostas fisiológicas que resultam, de modo indireto, na conservação da água no solo, como se estivessem economizando para períodos posteriores (SANTOS e CARLESO, 1998).

Para Petry (1991), a importância da manutenção do turgor nas células é permitir a continuidade dos processos de crescimento vegetal, expansão, divisão celular e fotossíntese; outro fator é a possibilidade de adiar a desidratação dos tecidos, podendo essas reservas serem usadas em períodos posteriores ao ciclo. Uma vez iniciado o primórdio foliar, o tamanho final atingido é determinado pelo índice de duração da divisão e expansão celular. Outros efeitos do déficit hídrico incluem a redução no desenvolvimento das células, na expansão das folhas, transpiração e redução na translocação de assimilados (HSIAO, 1973).

Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade para avaliar a variação da área foliar da planta no período, onde constatou-se uma tendência crescente da área foliar da planta a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo.

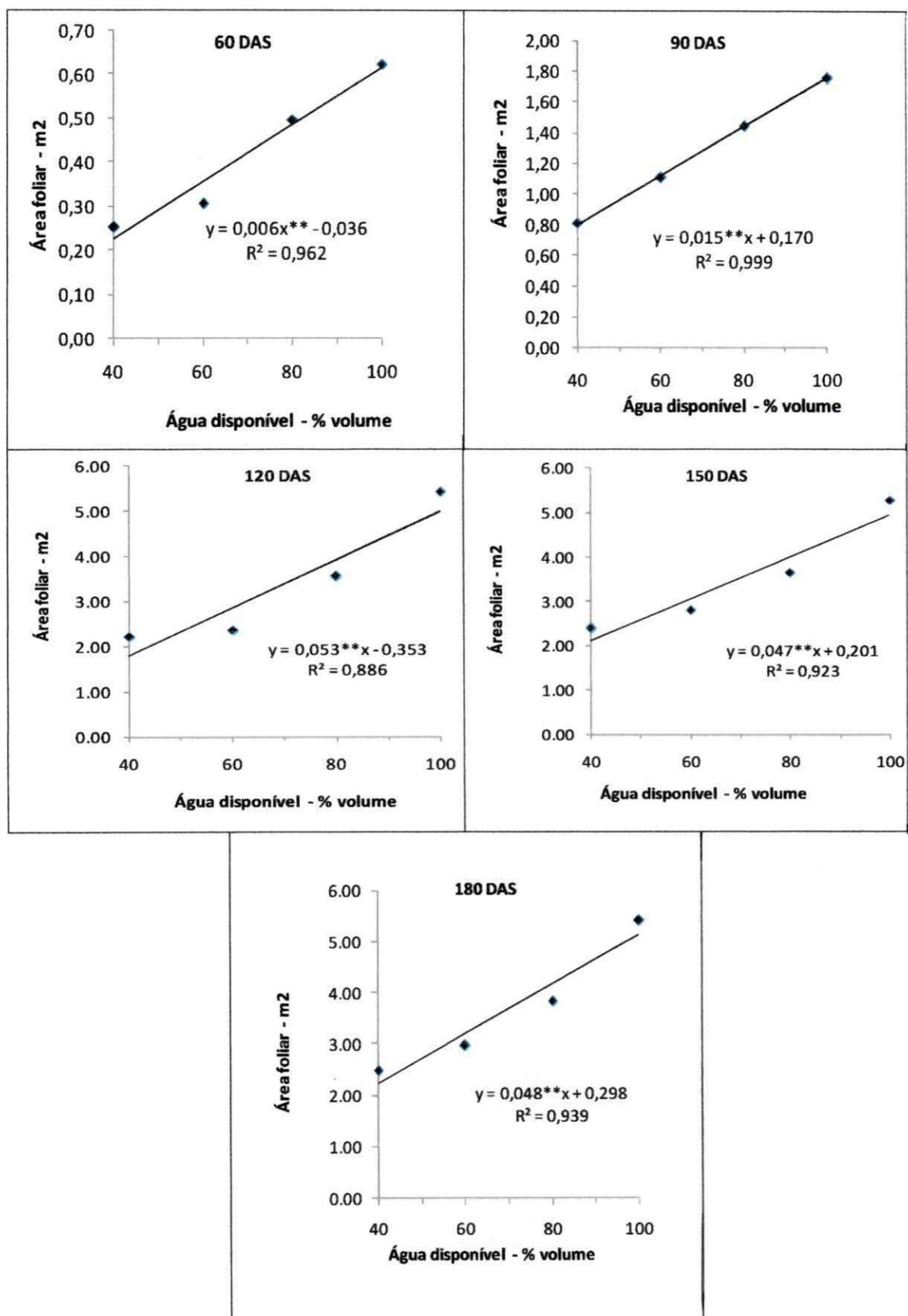


Figura 6 - Área foliar dos cultivares de mamona em função do conteúdo de água disponível do solo.

#### 5.1.4 Fitomassa da parte aérea

A análise estatística na Tabela 7 permite verificar que não houve diferença estatística significativa entre os cultivares BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina apresentando desenvolvimento de fitomassa semelhante ao longo do ciclo de 180 DAS. A água disponível no solo influenciou significativamente ( $p < 0,01$ ) a produção de fitomassa da mamoneira, observando-se que a fitomassa das plantas na capacidade de campo (100% AD), foi de 48,96 ; 31,84; 22,5 %, superior à fitomassa produzida pelas plantas no solo com 40; 60; 80 % AD, aos 180 DAS, respectivamente.

Barros Júnior (2006), trabalhando com a mesma cultivar de mamona em casa de vegetação até os 180 dias, obteve 348,0% a mais de fitomassa total da parte aérea mais a da raiz, quando manteve, o solo à capacidade de campo (1.393,45 g) comparado com a fitomassa da mesma cultivar submetida a 40% AD (11,15 g), confirmando a tendência dos resultados obtidos no presente ensaio, no entanto, o efeito do conteúdo da água no solo não foi significativo em nenhuma das fases do ciclo das cultivares BRS-149 Nordestina e BRS – 188 Paraguaçu.

Na Figura 7 são visualizadas as regressões para o fator água disponíveis, verifica-se aumento no acúmulo de fitomassa de forma crescente e linear aos 90; 120;150;180 DAS; e aos 60 houve aumento quadrático da fitomassa , à medida que se elevaram os níveis de água disponível no solo. O aumento no acúmulo de fitomassa produzida pela cultivar de mamona dos 90 aos 180 DAS variou, respectivamente, de 10,36 a 18,73 g quando se elevou o percentual unitário de água no solo.

Koutroubas et. al. (2000), verificaram que a acumulação de matéria seca da mamoneira aumentou de forma linear, crescente com as lâminas de irrigação de 0,0; 0,50; 0,75 e 1,0 x ETc, obtendo o máximo de matéria seca para a lâmina correspondente à Evapotranspiração (1,0 x ETc). Rodrigues et al. (2006 a), notaram diferença significativa para a fitomassa da parte aérea quando a mamoneira foi submetida até os 90 dias, a cinco níveis de reposição da evapotranspiração da cultura (0,60; 0,75; 0,90; 1,05 e 1,20 x ETc), com a taxa de crescimento máxima para o maior nível de reposição. Resultados semelhantes também foram encontrados por Laurete e Marras (1995), que obtiveram um aumento linear no rendimento da fitomassa da mamoneira com incrementos de água até 100% da evapotranspiração.

Tabela 7. Resumo das análises de variância referente à variável fitomassa da planta no 1<sup>o</sup> ciclo da mamona.

Fonte de variação		Fitomassa				
		Quadrado médio				
GL		60 DAS	90 DAS	120 DAS	150 DAS	180 DAS
Cultivar	1	1597,40 **	363,55 <sup>ns</sup>	7049,33 <sup>ns</sup>	46195,11 <sup>ns</sup>	86524,24 <sup>ns</sup>
AD	3	15227,53 **	434857,92 **	780027,86 **	1411695,95 **	1429711,85 **
Interação	3	197,61 <sup>ns</sup>	162,39 <sup>ns</sup>	4297,86 <sup>ns</sup>	6510,46 <sup>ns</sup>	9461,43 <sup>ns</sup>
Blocos	2	244,49 **	1551,51 <sup>ns</sup>	500,60 <sup>ns</sup>	57441,15 <sup>ns</sup>	19864,00 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	78,31	2591,95	6206,99	37587,97	41563,98
CV %		6,45	8,61	7,92	14,53	12,87
(AD)						
Reg. Pol. Linear		39662,94 **	1290245,77 **	2298414,33 **	4223386,27 **	4211071,62 **
Reg. Pol. Quad		5769,72 **	12708,42 *	38444,81 *	11187,07 <sup>ns</sup>	64841,41 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		249,92 <sup>ns</sup>	1619,57 <sup>ns</sup>	3224,44 <sup>ns</sup>	514,51 <sup>ns</sup>	13222,54 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		78,31	2591,95	6206,99	37587,97	41563,98
Fitomassa (g)						
Nordestina		129,11 a	587,56 a	977,65 a	1290,43 a	1523,64 a
Paraguçu		145,43 b	595,35 a	1011,93 a	1378,18 a	1643,72 a
DMS		7,74	44,57	68,98	169,75	178,51
40% de água disp.		96,79	299,72	534,39	795,16	980,21
60% de água disp.		107,91	475,77	911,97	1118,90	1416,84
80% de água disp.		135,61	661,11	1157,66	1506,53	1854,48
100% de água disp.		208,76	929,22	1375,14	1916,63	2083,19

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05(\*) e a 0,01 (\*\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade para avaliar a variação da fitomassa da planta no período, onde constatou -se uma tendência crescente da fitomassa da planta a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo.



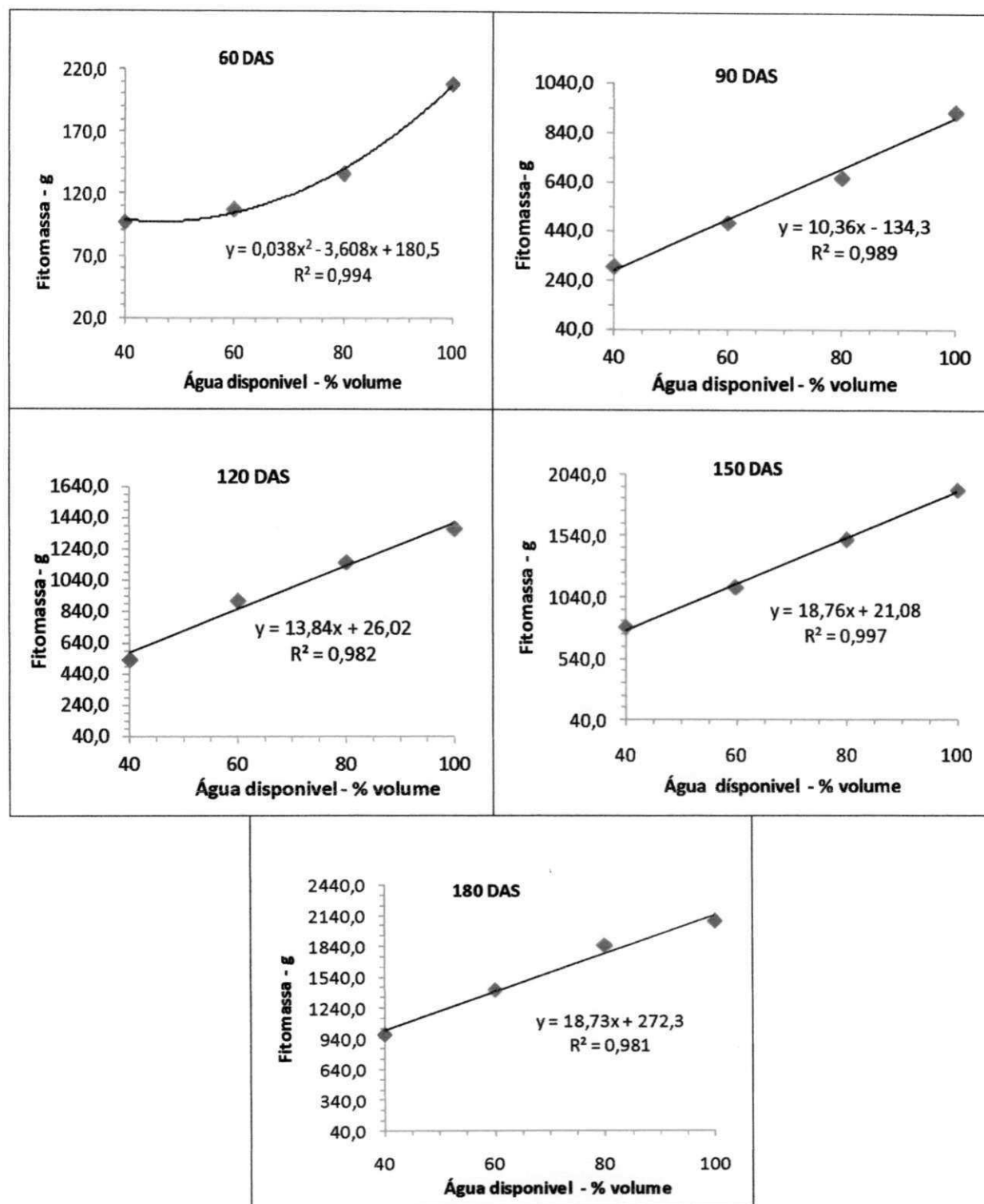


Figura 7. Fitomassa da parte aérea média dos cultivares de mamona em função do conteúdo de água disponível no solo.

### 5.1.5 – Razão de Área Foliar - RAF

A análise estatística na Tabela 8 permite verificar que não houve diferença estatística significativa entre os cultivares BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina apresentando desenvolvimento de razão de área foliar semelhante ao longo do ciclo de 180 DAS.

Os resultados das análises de variância (ANAVA) para a razão de área foliar, o conteúdo de água disponível no solo influenciou significativamente ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ), 90 e 150 DAS e promoveu diferença significativa ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) dos 60, 120 e 180 DAS. As plantas submetidas ao maior conteúdo de água do solo (100% da AD) apresentaram as maiores razões de área foliar Figura 8, quando comparadas com as que foram submetidas na capacidade de campo (100% AD) em relação aos demais tratamentos (40; 60 e 80 % de AD), respectivamente; referidos valores demonstram que os cultivares BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina estudados apresentaram comportamento semelhantes entre si para qualquer fase com resultados estatísticos não significativos, quando submetida a diferentes conteúdos de água disponível no solo, apenas para o período de 160 DAS, época em que todas as plantas apresentaram uma acentuada tendência de perda de folhas, assim, o indicado por Benincasa (1988), de que um conteúdo maior de água resulta em maior alocação de assimilados para síntese de folhas, aumento do peso das folhas e conseqüentemente, aumento da razão de área foliar. As plantas que foram mantidas à capacidade de campo (100% AD) ao final do ciclo (180 DAS), apresentaram uma razão de área foliar de  $33,35 \text{ cm}^2\text{g}^{-1}$ , superior à razão de área foliar das plantas que foram submetidas às condições de 40; 60; 80 % AD e que apresentaram valores de 22,11; 25,04 e 29,69;  $\text{cm}^2\text{g}^{-1}$ , respectivamente.

Segundo Benincasa (1988), o decréscimo na RAF pode ser devido ao sombreamento entre plantas, levando à diminuição na área foliar fotossinteticamente útil. A determinação da RAF permite detectar, também, a translocação e partição de assimilados para as folhas, em relação à matéria seca total da planta. Uma RAF menor implica em uma eficiência maior da planta na produção de matéria seca, ou seja, o vegetal utiliza uma área menor da folha, aqui expressa em  $\text{cm}^2$ , para produzir um grama de matéria seca. A sensibilidade do desenvolvimento das folhas ao déficit hídrico impõe limitação de expansão na área foliar e pode ser considerada como primeira reação das plantas a esse déficit. Plantas cultivadas sob condições adequadas de suprimento hídrico são, normalmente, menos resistentes ao déficit hídrico e, quando da ocorrência rápida do déficit hídrico, os mecanismos morfofisiológicos são severamente afetados, visto que a planta necessitaria adapta-se se rapidamente a esta situação de déficit.

Tabela 8. Resumo das análises de variância referente à variável Razão de Área Foliar da planta no 1<sup>o</sup> ciclo da mamona.

Fonte de variação		Razão de área foliar – RAF				
		Quadrado médio				
GL		60 DAS	90 DAS	120 DAS	150 DAS	180 DAS
CULTIVAR	1	5,66 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	22,25 <sup>ns</sup>	8,44 <sup>ns</sup>
AD	3	216,05 <sup>**</sup>	112,92*	372,77 <sup>**</sup>	66,64 *	152,62 <sup>**</sup>
Interação	3	1,67 <sup>ns</sup>	1,52 <sup>ns</sup>	24,37 <sup>ns</sup>	3,44 <sup>ns</sup>	4,42 <sup>ns</sup>
Blocos	2	64,96 <sup>ns</sup>	31,72 <sup>ns</sup>	5,41 <sup>ns</sup>	25,66 <sup>ns</sup>	3,67 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	25,03	17,72	26,50	17,49	13,63
CV %		17,17	15,91	16,33	16,36	14,62c
<b>(AD)</b>						
Reg. Pol. Linear		513,36 <sup>**</sup>	326,86 <sup>**</sup>	1066,42 <sup>**</sup>	159,41 <sup>**</sup>	429,10 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Quad		38,15 <sup>ns</sup>	2,19 <sup>ns</sup>	5,03 <sup>ns</sup>	8,62 <sup>ns</sup>	27,69 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		96,66 <sup>ns</sup>	9,71 <sup>ns</sup>	46,86 <sup>ns</sup>	31,89 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		14,00	17,72	26,50	17,49	13,63
<b>cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup></b>						
<b>Nordestina</b>		28,68 a	26,43 a	31,37 a	24,60 a	24,66 a
<b>Paraguaçu</b>		29,65 a	26,48 a	31,68 a	26,52 a	25,85 a
<b>DMS</b>		4,38	3,68	4,50	3,66	3,23
40% de água disp.		22,605	21,528	23,666	22,191	20,566
60% de água disp.		25,673	25,363	26,213	24,571	22,581
80% da água disp.		33,220	26,956	35,925	25,360	25,791
100%da água disp.		35,195	32,000	40,303	30,138	32,103

GL - grau de liberdade; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; DMS – diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

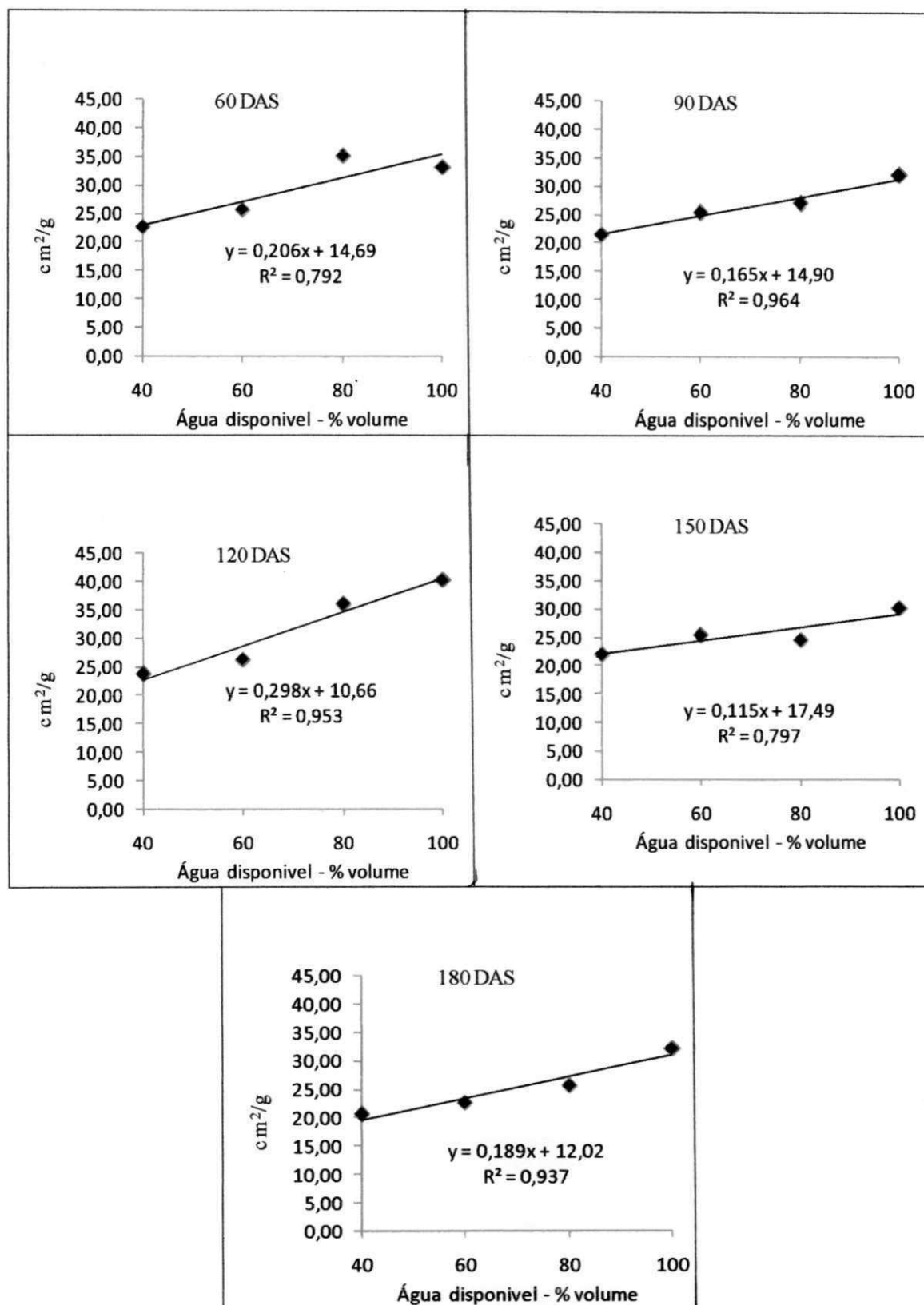


Figura 8. Razão de área foliar média dos cultivares de mamona em função do conteúdo de água disponível no solo.

Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade para avaliar a variação da razão de área foliar da planta no período, onde se constatou uma tendência crescente da razão de área foliar da planta a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo.

#### 5.1.6. Número de inflorescências

Os resultados das análises de variância (ANAVA) referente ao número de inflorescências apresentadas na Tabela 9. Constatou-se que a variável AD “água disponível” influenciou significativamente este parâmetro dos 60 aos 180 DAS, apresentando significância ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ), emitindo maior número de inflorescências que as cultivadas em 33,28; 43,40 e 23,31% para os 90, 120, 150 e 180 DAS, respectivamente enquanto a variável cultivar não foi significativo em nenhuma das fases dos 60 aos 180 DAS; emitindo maior número de inflorescências que as cultivadas em 33,28; 43,40 e 23,31% para os, 90, 120, 150 e 180 DAS, respectivamente.

Com o tratamento 100% de AD emitiu, em média, 16 inflorescências, enquanto os tratamentos cujas plantas foram mantidas a 40; 60 e 80 % da AD emitiram, em média, 7,0; 9,33; 13,38 e 16,5 inflorescências, emissões para as plantas mantidas a 40; 60; 80 e 100 % AD, respectivamente, cujos resultados evidenciam a sensibilidade desta cultivar de mamona às condições de escassez de água do solo às quais foram submetidas.

Para Guinn e Mauney (1984), o déficit hídrico severo provocado no solo causa reduções drásticas no número de emissões de inflorescências. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Lacerda (2006), que submeteu esta mesma cultivar de mamona a déficit hídrico em condições de casa de vegetação; Barros Júnior et. al. (2004) também encontraram diferenças significativas para o número de inflorescências emitidas para as cultivares Nordeste e Paraguaçu em condições similares de déficit hídrico.

As regressões para o fator quantitativo água disponível referente ao número de inflorescências emitidas, são visualizadas através da Figura 9, aumentando-as de forma linear, à medida em que se elevou a disponibilidade de água no solo para as plantas. O aumento no número de emissões da cultivar de mamona variou de 0,014 a 0,242 unidades à medida que se elevou o percentual unitário de água no solo dos 60 aos 180 DAS, respectivamente. O aumento do número inflorescência teve comportamento linear nos 60, 120, 150, 180 DAS e comportamento do aumento quadrático ao 90 DAS.

Tabela 9. Resumo das análises de variância referente à variável Numero de Inflorescência no 1<sup>o</sup> ciclo da mamona.

		Quadrado médio				
GL		60 DAS	90 DAS	120 DAS	150 DAS	180 DAS
Cultivar	1	0,04 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	2,04 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>
AD	1	0,81 <sup>**</sup>	23,27 <sup>**</sup>	63,59 <sup>**</sup>	237,59 <sup>**</sup>	190,04 <sup>**</sup>
Interação	3	0,04 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	2,70 <sup>ns</sup>	7,93 <sup>ns</sup>	5,15 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,29 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	2,04 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	0,19	0,37	2,13	1,78	8,07
CV %		30,39	15,64	16,95	9,75	14,23
<b>(AD)</b>						
Reg. Pol. Linear		2,40 <sup>**</sup>	61,63 <sup>**</sup>	170,40 <sup>**</sup>	705,67 <sup>**</sup>	567,67 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Quad		0,04 <sup>ns</sup>	8,16 <sup>**</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	7,04 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,00 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	20,00 <sup>**</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	1,40 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>**</sup>
Resíduo		2,75	5,25	2,13	1,78	8,07
<b>Numero (unid.)</b>						
<b>Nordestina</b>		1,41 a	3,91 a	8,33 a	13,50 a	19,66 a
<b>Paraguaçu</b>		1,50 a	3,91 a	8,91 a	13,91 a	20,25 a
<b>DMS</b>		0,38	0,53	1,27	1,17	2,48
40% de água disp.		1,000	2,333	5,333	7,000	13,333
60% de água disp.		1,333	2,666	6,333	10,666	17,666
80% da água disp.		1,666	4,000	11,166	15,666	22,666
100% da água disp.		1,833	6,666	11,666	21,500	26,166

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

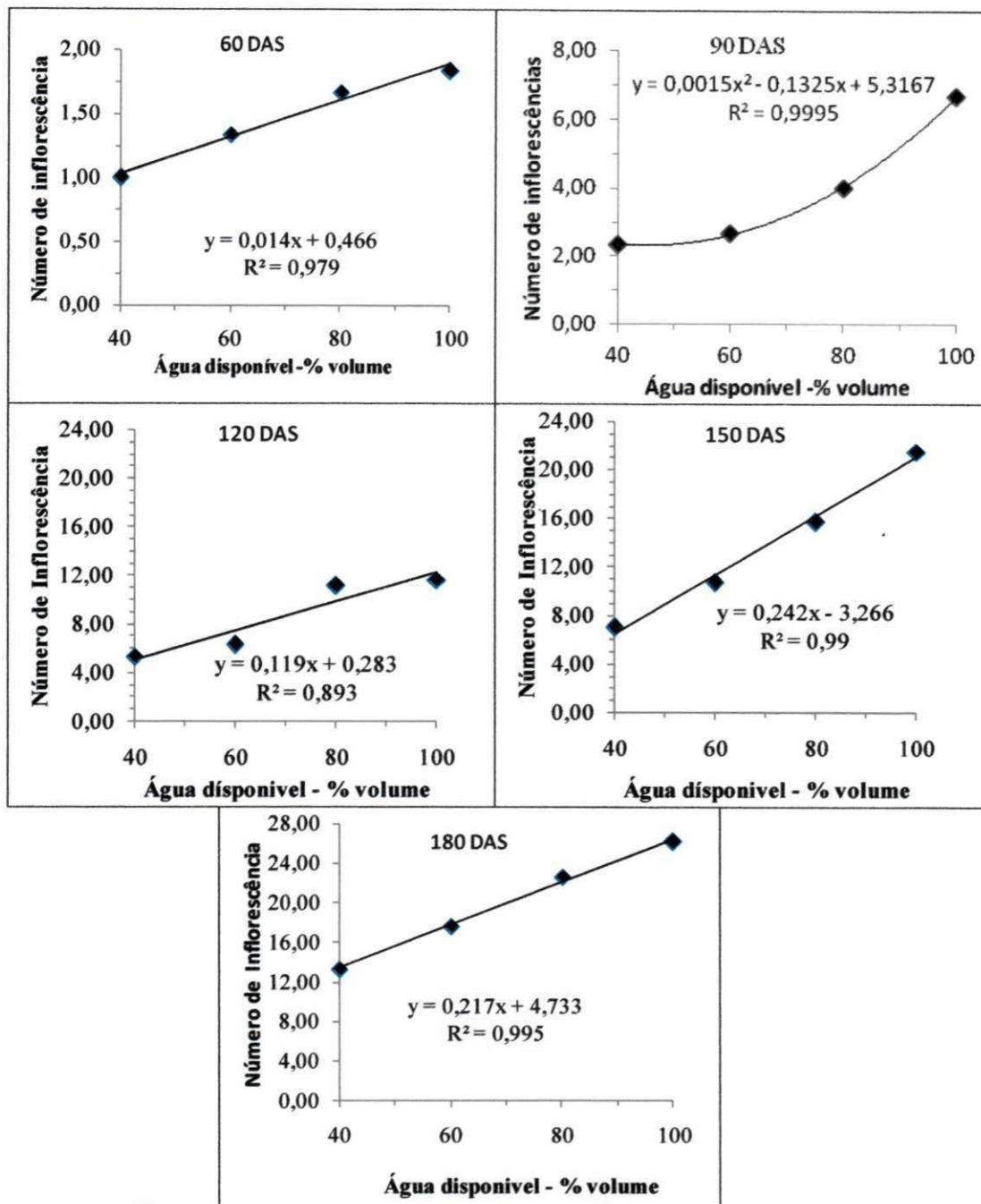


Figura 9. Inflorescência média dos cultivares de mamona em função do conteúdo de água disponível no solo.

### 5.1.7 - Teor de óleo.

Na Tabela 10 são apresentados os resultados das análises de variância (ANAVA) do teor de óleo das sementes das cultivares de mamona BRS 188 – Paraguaçu e BRS 149 Nordestina, entretanto, no tocante aos diferentes níveis de água a que foram submetidas as plantas, apresentaram diferença estatística significativa ao nível de 5% ( $p < 0,01$ ).

As cultivares não apresentaram diferenças significativas entre si quanto a variação do conteúdo de água do solo ao longo do ciclo de 180 DAS.

O estresse hídrico causado pela diminuição do conteúdo de água no solo provocou reduções no teor de óleo, as sementes das plantas conduzidas a 100 % de AD, apresentaram, em média, teor de óleo de 51,10%, enquanto os tratamentos que foram submetidos a estresse hídrico por deficiência, para os níveis de 40; 60 e 80 % AD, apresentaram teores médios de 43,42; 44,13; 47,66 % de óleo, respectivamente.

Barros Júnior (2007), observou que o estresse hídrico reduziu o teor de óleo nas sementes em decorrência da baixa qualidade das sementes produzidas por plantas conduzidas a 60% de AD, o mesmo sendo obtido para o tratamento mantido a 80% de AD; para este último, a redução foi de mais de 53 % na produção de óleo em relação ao teor de óleo produzido por plantas que tiveram a disponibilidade de água mantida a capacidade de campo.

O teor médio de óleo (51,10%) obtido nas sementes das plantas conduzidas sem estresse hídrico, é superior a faixa de 45 a 49% previstas por Azevedo et al. (1997) e EMBRAPA (2002) para as cultivares Nordestina e Paraguaçu. Laureti (2002), em trabalhos com o híbrido “HD 912” de mamona, registrou reduções de até 50,70% no teor de óleo das sementes quando irrigadas com reduções progressivas nas lâminas de água, proporcionais a 75, 50 e 25% da ETC. Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade de água para analisar o comportamento do teor de óleo das sementes de mamona no período, onde constatou-se uma tendência crescente do teor de óleo da semente a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo.



Tabela 10. Resumo das análises de variância referente à variável teor de óleo das sementes no 1<sup>o</sup> ciclo da mamona.

Fonte de variação		Teor de óleo das sementes
	GL	Quadrado médio
Cultivar	1	0,01 <sup>ns</sup>
AD	3	74,69 <sup>**</sup>
Interação	3	0,01 <sup>ns</sup>
Blocos	2	3,00 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	7,01
CV %		5,68
<b>(AD)</b>		
Reg. Pol. Linear		210,41 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Quad		11,07 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		2,61 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>**</sup>
Resíduo		7,01
<b>Teor de óleo das sementes (%)</b>		
Nordestina		46,55 a
Paraguaçu		46,60 a
DMS		2,31
40% de água disp.		43,433
60% de água disp.		44,133
80% da água disp.		47,666
100% da água disp.		51,083

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS – diferença mínima significativa; AD – água disponível; 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ )

Regressão para o fator quantitativo água disponível, encontra-se na Figura 10, verificando-se que, à medida que se elevou o conteúdo de água disponível no solo, o teor de óleo apresentou tendência linear crescente com acréscimos de 0,1% de óleo para cada aumento unitário de água disponível.

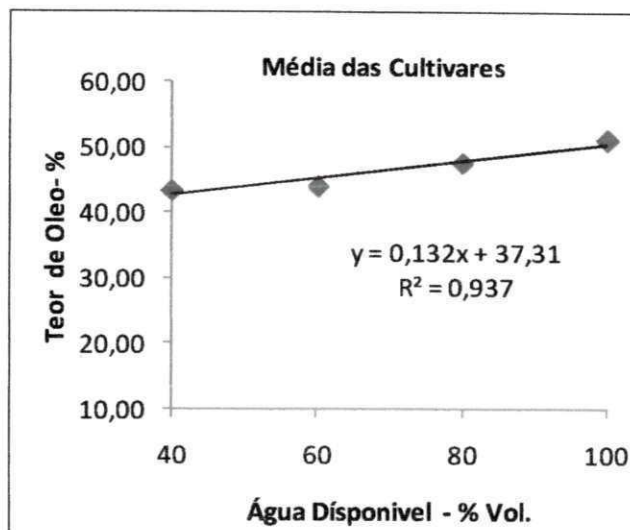


Figura - 10 Teor de óleo das sementes médio dos cultivares de mamona em função do conteúdo de água disponível no solo.

#### 5.1.8 - Produtividade média de frutos.

Os cultivares BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina não apresentaram diferenças significativas entre si com relação a produtividade média quando submetidas a diferentes conteúdos de água no solo. A água disponível do solo influenciou significativamente, ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ), a produtividade média dos cultivares de mamona, os resultados das análises de variância (ANAVA) são visualizados na Tabela 11. Observando que as plantas cujo solo foi mantido a capacidade de campo (100% AD) obteve produção média de 5.010,42 kg há<sup>-1</sup>.

O déficit hídrico é uma situação comum à produção de muitas culturas, podendo apresentar impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento das plantas (LECOEUR e SINCLAIR, 1996); assim, existe um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> para produção de carboidratos (TAIZ e ZEIGER, 1998). A necessidade de se resolver este conflito, leva a planta a desenvolver mecanismos morfofisiológicos que as conduzem a economizar água para uso em períodos posteriores (McCREE e FERNÁNDEZ, 1989) levando as plantas, então, acelerarem a produção de sementes. Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade de água para analisar o comportamento da produtividade média de frutos de mamona no período, onde constatou-se uma tendência crescente da produção de frutos de mamona a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo.

Tabela 11. Resumo das análises de variância referente à variável produtividade média de frutos no 1<sup>o</sup> ciclo da mamona.

Fonte de variação		Produtividade média – kg ha <sup>-1</sup>
	GL	Quadrado médio
Cultivar	1	134388,19 <sup>ns</sup>
AD	3	10979546,03 <sup>**</sup>
Interação	3	846,31 <sup>ns</sup>
Blocos	2	77543,53 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	204586,99
CV %		13,54
(AD)		
Reg. Pol. Linear		32697123,03 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Quad		122586,77 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		118928,29 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo		204586,99
		Produtividade de frutos - kg ha <sup>-1</sup>
NORDESTINA		3266,66a
PARAGUAÇU		3416,32a
DMS		177,56
40% de água disp.		1815,50
60% de água disp.		2842,472
80% da água disp.		3697,569
100% da água disp.		5010,416

GL - grau de liberdade; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; DMS – diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ )

A regressão para o fator quantitativo água disponível referente à produtividade média das mamoneiras Paraguaçu e Nordestina, pode ser vista na Figura 11, verificando-se tendência linear crescente de produtividade na medida em que há variação crescente do conteúdo de água no solo, ocorrendo diferença acentuada entre os tratamentos submetidos a diferentes níveis de água disponível para cada aumento unitário de água disponível, embora não havendo diferença significativa entre os cultivares com relação a variação de conteúdo de água os mesmos apresentam respostas semelhantes.

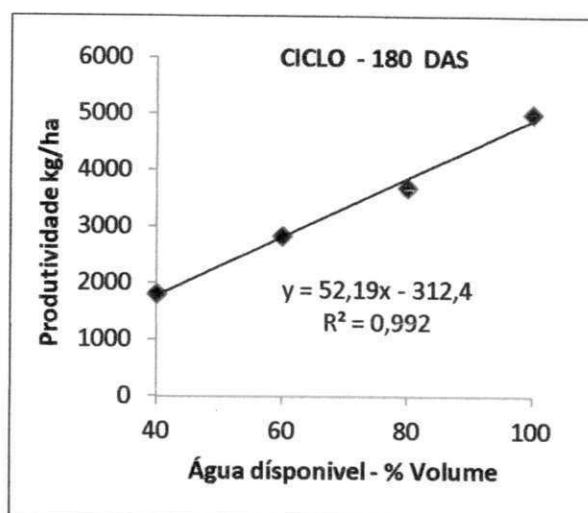


Figura 11. Produtividade de frutos média dos cultivares de mamona em função do conteúdo de água disponível no solo.

### 5.1.9 - Eficiência de uso de água.

Não houve diferenças estatísticas significativas entre os cultivares BRS 188-Paraguaçu e BRS – 149 Nordestina na eficiência pelo uso de água em todas as fases. Na Tabela 12, estão as análises de variância (ANAVA) para eficiência do uso de água, na qual se verifica que a lamina de água aplicado influenciou significativamente ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) Constatam-se diferenças significativas para o tratamento referente aos diferentes conteúdos de água no solo disponível para as plantas; as plantas mantidas a 100% AD tiveram volume aplicado médio de  $0,70 \text{ m}^3$  (1293,0 mm), os cultivares BRS 188 – Paraguaçu e BRS - Nordestina apresentaram eficiência de  $1,85 \text{ kg m}^{-3}$  e  $1,87 \text{ kg m}^{-3}$ . A eficiência de uso aumentou com o volume de água aplicado na irrigação, obtendo-se o maior índice de eficiência no tratamento com nível mais alto de água disponível, ou seja, as plantas apresentaram maior capacidade de reverter o volume de água consumido em produção de fitomassa à medida que a disponibilidade hídrica no solo foi aumentada, conforme Figura 12.

Tabela 12. Resumo das análises de variância referente à variável eficiência de uso de água na mamona.

Fonte de variação	GL	Volume de água aplicado		Eficiência de consumo
		Quadrado médio		
Cultivar	1	0,014 <sup>ns</sup>		0,002 <sup>ns</sup>
AD	3	0,076 **		1,671 **
Interação	3	0,008 <sup>ns</sup>		0,096 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,0021 <sup>ns</sup>		0,007 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	0,001		0,033
CV %		5,78		9,76
(AD)		N	P	
Reg. Pol. Linear		0,158*	0,173**	4,617 **
Reg. Pol. Quadrática		0,004 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,001 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,387 <sup>ns</sup>
Desvio		0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>
Resíduo		0,002	0,005	0,033
		$\text{m}^3$		$\text{kg m}^{-3}$
Nordestina		0,66 b		1,87 a
Paraguaçu		0,70 a		1,85 a
DMS		0,034		0,15
40% de água disp.		0,60		1,50
60% de água disp.		0,72		2,02
80% de água disp.		0,83		2,07
100% de água disp.		0,91		2,44

GL - grau de liberdade; AD - água disponível; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ )

Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade de água para analisar o comportamento da eficiência da mamona no período, onde constatou –se uma tendência crescente da eficiência da mamona a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo.

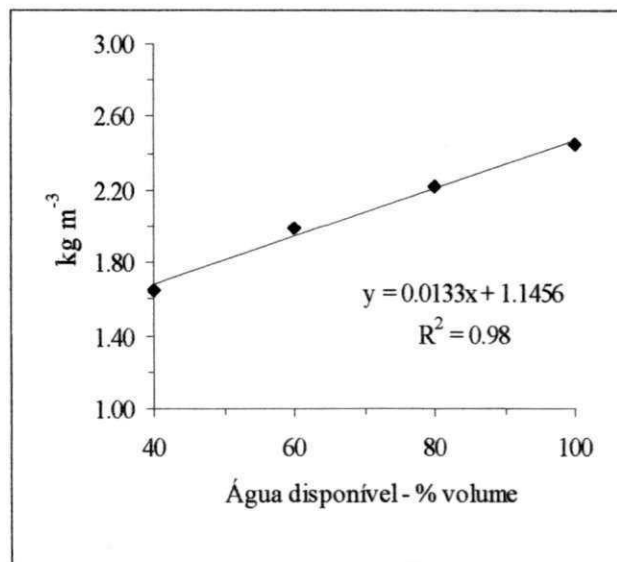


Figura - 12 Eficiência de uso de água nos cultivares de mamona em função do conteúdo de água disponível no solo.

## 5.2 SEGUNDO CICLO

### 5.2.1 Altura da planta

Os resultados das análises de variância (ANAVA) referentes à altura da planta para o segundo ciclo são apresentados na Tabela 13. No que se refere aos cultivares não houve diferenças significativas entre si nos diferentes conteúdos de água disponível no solo para as plantas no segundo ciclo, constatou-se diferença significativa ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ), com exceção dos 150 DAP, que apresentou diferença significativa ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ). A altura média das plantas conduzidas a 100% de AD aos 180 DAP foi de 195,91 cm respectivamente; a altura da planta em condições de rebrote apresentou altura média inferior ao primeiro ciclo, com porte 16,55% menor a altura média do primeiro ciclo.

O menor porte observado em plantas submetidas ao déficit hídrico decorre da inibição do crescimento celular que é considerado o processo mais sensível à baixa disponibilidade de água no solo (KRAMER e BOYER, 1995), com a divisão e expansão celular sendo diretamente inibidas pelo estresse hídrico (ZHU, 2001). Esta sensibilidade se deve ao impacto do déficit hídrico sobre a taxa de expansão das células, devido à perda no turgor (KOZLOWSKI e PALLARDY, 1997). As plantas podem manter o turgor pela acumulação de solutos (ajuste osmótico) e, possivelmente, pelo ajuste da elasticidade das suas paredes celulares (MARSHALL e DUMBROFF, 1999). Segundo Sausen (2007), o ajuste osmótico, assim como o fechamento dos estômatos, permite às plantas escapar da desidratação e da perda do turgor pela manutenção do conteúdo de água nas células. Além disso, as plantas submetidas a um estresse hídrico podem escapar da redução no potencial hídrico e manter o turgor pela redução na elasticidade de suas paredes celulares.

Além dos efeitos sobre a expansão celular, os efeitos negativos do déficit hídrico sobre a fotossíntese e a absorção de íons, contribuem para a redução nas taxas de crescimento. A redução do crescimento é considerada uma característica adaptativa para a sobrevivência da planta, visto que permite direcionar assimilados e energia, antes utilizados para o crescimento do caule, em moléculas protetoras para combater o estresse (ZHU, 2002) e/ou para manter o crescimento da raiz, para absorção de água (CHAVES et al., 2003).



Tabela 13. Resumo das análises de variância referente à variável altura da planta 2<sup>o</sup> ciclo da mamona

Fonte de variação		Altura da planta				
		Quadrado médio				
GL		60 DAP	90 DAP	120 DAP	150 DAP	180 DAP
Cultivar	1	45,37 <sup>ns</sup>	1276,04 <sup>ns</sup>	1633,50 <sup>ns</sup>	2035,04 <sup>ns</sup>	840,16 <sup>ns</sup>
AD	3	2110,70 <sup>**</sup>	3803,48 <sup>**</sup>	3819,25 <sup>**</sup>	3933,48 <sup>*</sup>	8227,22 <sup>**</sup>
Interação	3	68,48 <sup>ns</sup>	338,26 <sup>ns</sup>	66,30 <sup>ns</sup>	91,48 <sup>ns</sup>	298,94 <sup>ns</sup>
Blocos	2	693,29 <sup>ns</sup>	1852,04 <sup>ns</sup>	871,62 <sup>ns</sup>	661,79 <sup>ns</sup>	276,50 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	310,24	689,47	579,29	1137,88	631,16
CV %		13,55	17,93	14,59	18,38	13,22
<b>(AD)</b>						
Reg. Pol. Linear		5950,20 <sup>**</sup>	10925,20 <sup>**</sup>	11329,63 <sup>**</sup>	11741,40 <sup>**</sup>	22086,53 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Quad		155,04 <sup>ns</sup>	100,04 <sup>ns</sup>	2,04 <sup>ns</sup>	51,04 <sup>ns</sup>	2521,50 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		226,87 <sup>ns</sup>	385,20 <sup>ns</sup>	126,07 <sup>ns</sup>	8,00 <sup>ns</sup>	73,63 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>**</sup>
Resíduo		310,24	689,47	579,29	1137,88	631,16
<b>Altura (cm)</b>						
Nordestina		128,58 a	139,16 a	156,75 a	174,33 a	184,08 a
Paraguaçu		131,33 a	153,75 a	173,25 a	192,75 a	195,91 a
DMS		15,42	22,99	21,07	29,53	21,99
40% de água disp.		110,00	121,66	137,16	152,66	160,33
60% de água disp.		124,50	129,50	151,91	174,33	163,83
80% da água disp.		130,33	159,33	177,50	195,66	195,66
100%da água disp.		155,00	175,33	193,41	311,50	240,16

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS – diferença mínima significativa; AD – água disponível; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,0)



As regressões apresentadas na Figura 13. permitem constatar a tendência de crescimento linear para a altura das plantas em todas as épocas; o aumento da altura da planta evoluiu com o aumento da disponibilidade hídrica, variando de 0,36 a 1,43 cm na altura da planta por aumento unitário do percentual de água no solo dos 60 aos 180 DAP.

Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade para avaliar o comportamento da altura da planta no ciclo, onde constatou –se uma tendência crescente de altura das plantas a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo, resultados idênticos aos obtidos no primeiro ciclo.

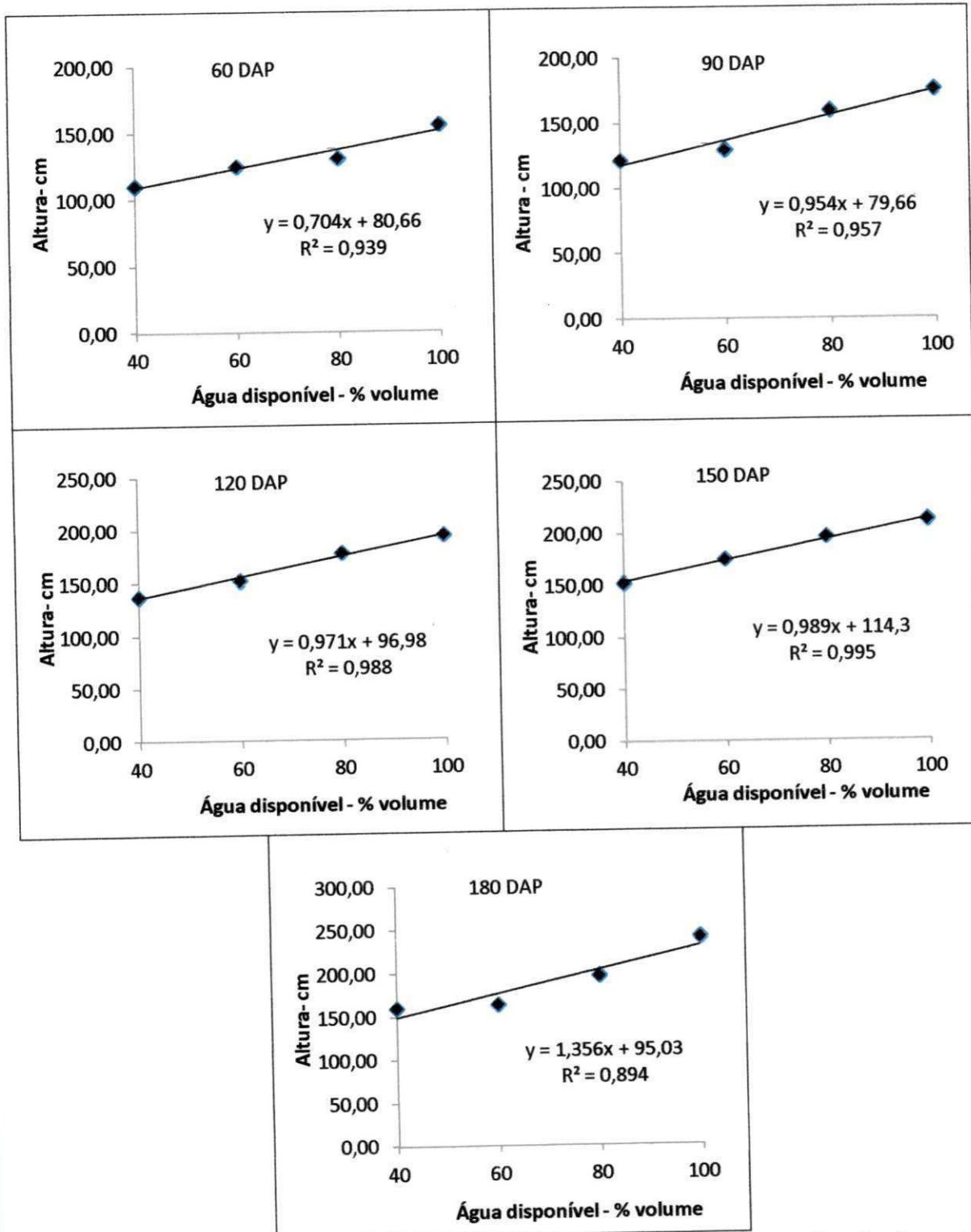


Figura 13. Altura da planta média dos cultivares de mamona em função do conteúdo de água disponível no solo.

### 5.2.2- Diâmetro do caule

Observa-se na Tabela 14 que não houve diferença significativa em nenhuma das fases entre os cultivares em relação ao conteúdo de água no solo no segundo ciclo. Os dados referentes à variável diâmetro do caule (DC) obtidos durante o segundo ciclo da cultura foram submetidos à análise estatística, cujo resumo das análises de variância (ANAVA) se encontram na Tabela 14; O conteúdo de água disponível no solo influenciou significativamente ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) durante todo o período analisado com relação ao fator (AD) água disponível, as plantas mantidas a 100% AD aos 180 DAP apresentaram diâmetro médio do caule de 76,50 mm e 79,50 mm para os cultivares BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu respectivamente. O diâmetro do caule em condições de rebrote apresentou diâmetro médio superior ao do primeiro ciclo, com variação de 38,83 % maior.

O déficit hídrico afeta o desenvolvimento vegetal através de efeitos sobre a abertura estomática, o processo fotossintético e o crescimento (CHAVES, 1991), sendo que cada um desses processos pode ser afetado diferentemente, dependendo do genótipo da planta e da intensidade do déficit hídrico. Segundo Sausen (2007), o crescimento vegetal é geralmente, mais sensível ao déficit hídrico do que a troca gasosa e reduções no crescimento podem ocorrer em moderado déficit hídrico do solo, antes que reduções significativas no conteúdo de água na planta ocorram.

As regressões apresentadas na Figura 14 evidenciam a tendência de aumento linear no diâmetro em todas as fases; o aumento no diâmetro do caule evolui com o aumento da disponibilidade hídrica do solo, variando de 0,14 a 0,44 mm por aumento unitário do percentual de água no solo dos 60 DAP aos 180 DAP. Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade para avaliar o comportamento da altura da planta no ciclo, onde constatou - se uma tendência crescente de altura das plantas a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo.

Tabela 14. Resumo das análises de variância referente à variável diâmetro da planta 2<sup>o</sup> ciclo da mamona.

Fonte de variação		Diâmetro				
		Quadrado médio				
GL		60 DAP	90 DAP	120 DAP	150 DAP	180 DAP
Cultivar	1	360,37 <sup>ns</sup>	380,80 <sup>ns</sup>	205,92 <sup>ns</sup>	84,00 <sup>ns</sup>	53,70 <sup>ns</sup>
AD	3	670,04 <sup>**</sup>	467,79 <sup>**</sup>	588,38 <sup>**</sup>	734,21 <sup>**</sup>	424,68 <sup>**</sup>
Interação	3	8,93 <sup>ns</sup>	7,30 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>	9,28 <sup>ns</sup>	16,48 <sup>ns</sup>
Blocos	2	301,19 <sup>ns</sup>	51,11 <sup>ns</sup>	17,57 <sup>ns</sup>	30,23 <sup>ns</sup>	32,67 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	131,92	126,75	67,15	58,08	35,97
CV %		20,11	17,73	12,11	10,62	7,69
<b>(AD)</b>						
Reg. Pol. Linear		1888,13 <sup>**</sup>	1326,67 <sup>**</sup>	1698,76 <sup>**</sup>	2122,68 <sup>**</sup>	1268,15 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Quad		96,80 <sup>ns</sup>	63,37 <sup>ns</sup>	66,33 <sup>ns</sup>	69,70 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		25,20 <sup>ns</sup>	13,33 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	10,26 <sup>ns</sup>	5,50 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>**</sup>
Resíduo		131,92	126,75	67,15	58,08	35,97
<b>Diâmetro (m m)</b>						
Nordestina		53,24 a	59,51 a	64,73 a	69,91 a	76,50 a
Paraguacu		60,99 a	67,48 a	70,59 a	73,65 a	79,50 a
DMS		10,05	9,85	7,17	6,67	5,25
40% de água disp.		46,76	54,81	58,01	61,16	68,16
60% de água disp.		52,51	59,55	62,30	65,00	75,26
80% da água disp.		57,70	64,20	69,70	75,16	80,48
100% da água disp.		71,48	75,43	80,63	85,81	88,10

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ )

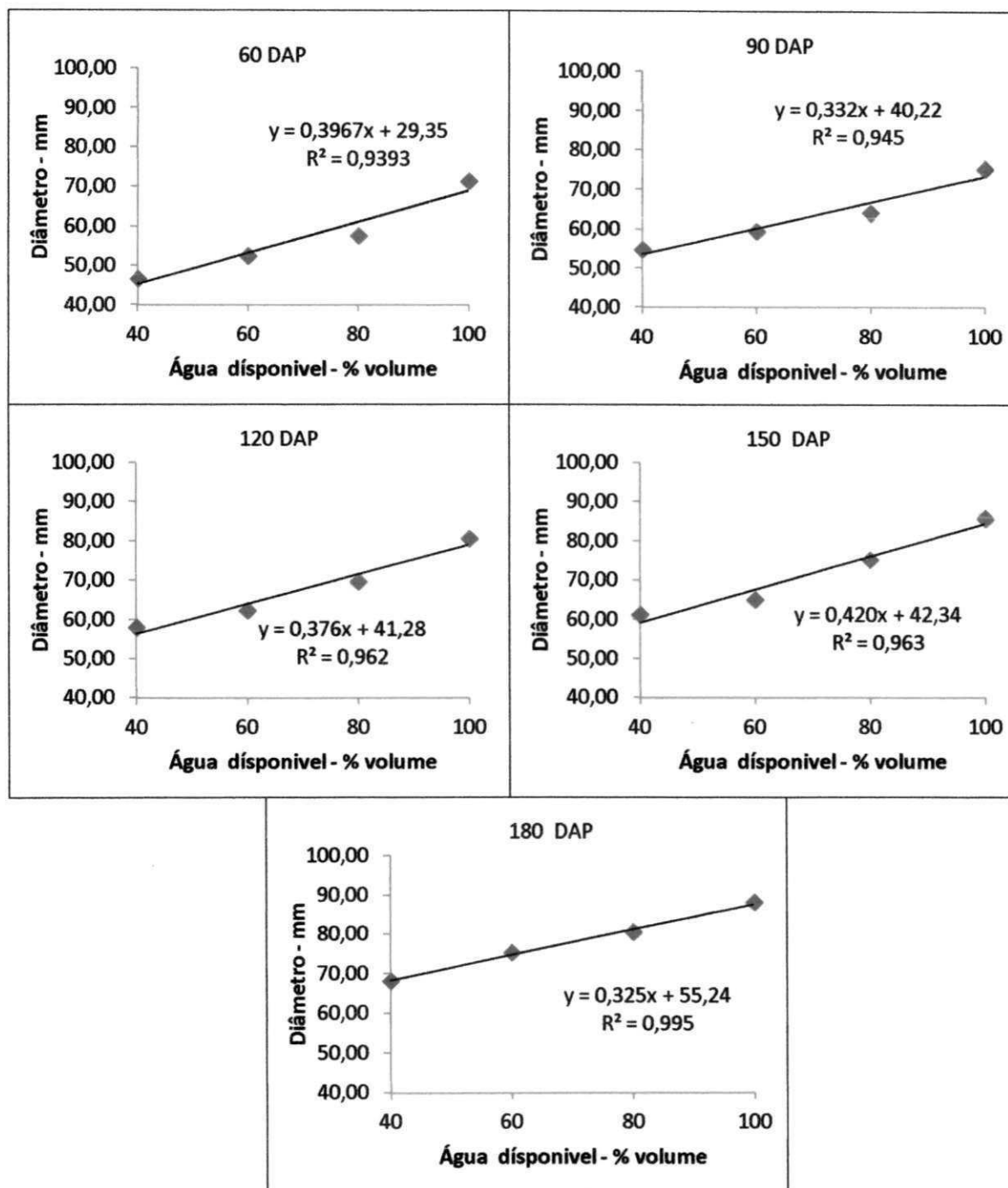


Figura 14. Diâmetro do caule media dos cultivares de mamona em função do conteúdo de água disponível no solo.

### 5.2.3 - Área foliar

Os cultivares BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si de área foliar, quando submetidas aos diferentes conteúdos de água disponíveis no solo para nos 180 DAP. Através da tabela 15, constata-se que a área foliar da mamoneira teve influência significativa ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) durante todo o ciclo da cultura, com relação ao conteúdo de água no solo, o efeito foi significativo ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ), observa-se superioridade das plantas cujo conteúdo de água foi mantido na capacidade de campo (100% AD) em relação aos demais tratamentos (40; 60 e 80 % AD). Verifica-se aos 180 DAP, que as plantas submetidas a (100% AD) tiveram sua área foliar superior em 112,06; 81,66 e 48,50 % à das plantas submetidas a 40; 60; 80 % de AD, respectivamente. Esses resultados se apresentam semelhantes aos da primeira fase do experimento, demonstrando um rendimento do cultivar estudada para condições de rebrote.

Os efeitos do estresse hídrico sobre o processo fotossintético de plantas de mamona foram investigados por Sausen (2007), que observou redução da atividade de troca gasosa e aumento da eficiência no uso da água. A análise de curvas de resposta à concentração interna de  $CO_2$  e parâmetros bioquímicos demonstrou que, sob baixo déficit hídrico, a limitação estomática foi a principal responsável pela redução da fotossíntese. Entretanto, sob condições severas de déficit hídrico, além da limitação estomática, a fotossíntese foi afetada também por limitações bioquímicas que promoveram redução do crescimento e da área foliar total nas plantas de mamona.

Heckenberger et al. (1998) observaram, em plantas de mamona sob condições de estresse hídrico, que a divisão e expansão celular foram afetadas, causando a maturação das folhas em tamanhos menores. Além disso, observaram um declínio na condutância estomática, devido ao aumento da densidade de estômatos nas folhas de plantas estressadas. A dinâmica do crescimento também é afetada pelo estresse hídrico. Em muitas espécies, uma atividade maior de crescimento é observada durante o período noturno, devido ao aumento do potencial hídrico e do turgor causado pela redução da atividade estomática (SCHURR, 1998 apud SAUSEN, 2007)

Na Figura 15 são mostradas as regressões para área foliar observou comportamento linear crescente à medida em que se elevou o conteúdo de água disponível do solo durante

Tabela 15. Resumo das análises de variância referente à variável Área Foliar da planta 2<sup>o</sup> ciclo da mamoneira.

Fonte de variação		Área Foliar				
		Quadrado médio				
	GL	60 DAP	90 DAP	120 DAP	150 DAP	180 DAP
Cultivar	1	0,003 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	0,234 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,105 <sup>ns</sup>
AD	3	0,565 <sup>**</sup>	1,087 <sup>**</sup>	1,745 <sup>**</sup>	3,862 <sup>**</sup>	9,657 <sup>ns</sup>
Interação	3	0,002 <sup>**</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,271 <sup>ns</sup>	0,015 <sup>ns</sup>	0,212 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,019 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,224 <sup>ns</sup>	0,070 <sup>ns</sup>	0,093 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	0,012	0,007	0,090	0,141	0,117
CV %		15,14	8,58	11,15	11,79	9,31
<b>(AD)</b>						
Reg. Pol. Linear		1,654 <sup>**</sup>	3,191 <sup>**</sup>	5,129 <sup>**</sup>	11,047 <sup>**</sup>	26,030 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Quad		0,011 <sup>ns</sup>	0,055 <sup>*</sup>	0,034 <sup>ns</sup>	0,531 <sup>ns</sup>	2,713 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,029 <sup>ns</sup>	0,014 <sup>ns</sup>	0,071 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,227 <sup>ns</sup>
Desvio		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Resíduo		0,012	0,006	0,090	0,141	0,116
		<b>Área Foliar</b>				
Nordestina		0,736a	0,950a	2,725a	3,185a	3,740 <sup>a</sup>
Paraguaçu		0,712a	0,987a	2,662a	3,201a	3,608 <sup>a</sup>
DMS		0,096	0,072	0,262	0,329	0,299
40% de água disp.		0,410	0,538	2,060	2,423	2,570
60% de água disp.		0,538	0,725	2,451	2,768	3,003
80% da água disp.		0,866	1,116	3,011	3,321	3,673
100% da água disp.		1,083	1,495	3,251	4,261	5,451

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

todo o ciclo dos cultivares BRS149 Nordestina e BRS188 Paraguaçu; a área foliar aos 180 DAP atingiu valores de 3.608 e 3.740 m<sup>2</sup> para a condição sem estresse hídrico (100 % da AD) respectivamente. O aumento unitário da área foliar variou de 0,006 a 0,048 m<sup>2</sup> respectivamente. O desenvolvimento da área foliar teve comportamento linear em todo o ciclo como em rebrote. Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade para avaliar a variação da área foliar da planta no período, onde se constatou uma tendência crescente da área foliar da planta a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo obtendo –se resultados semelhantes aos do primeiro ciclo..



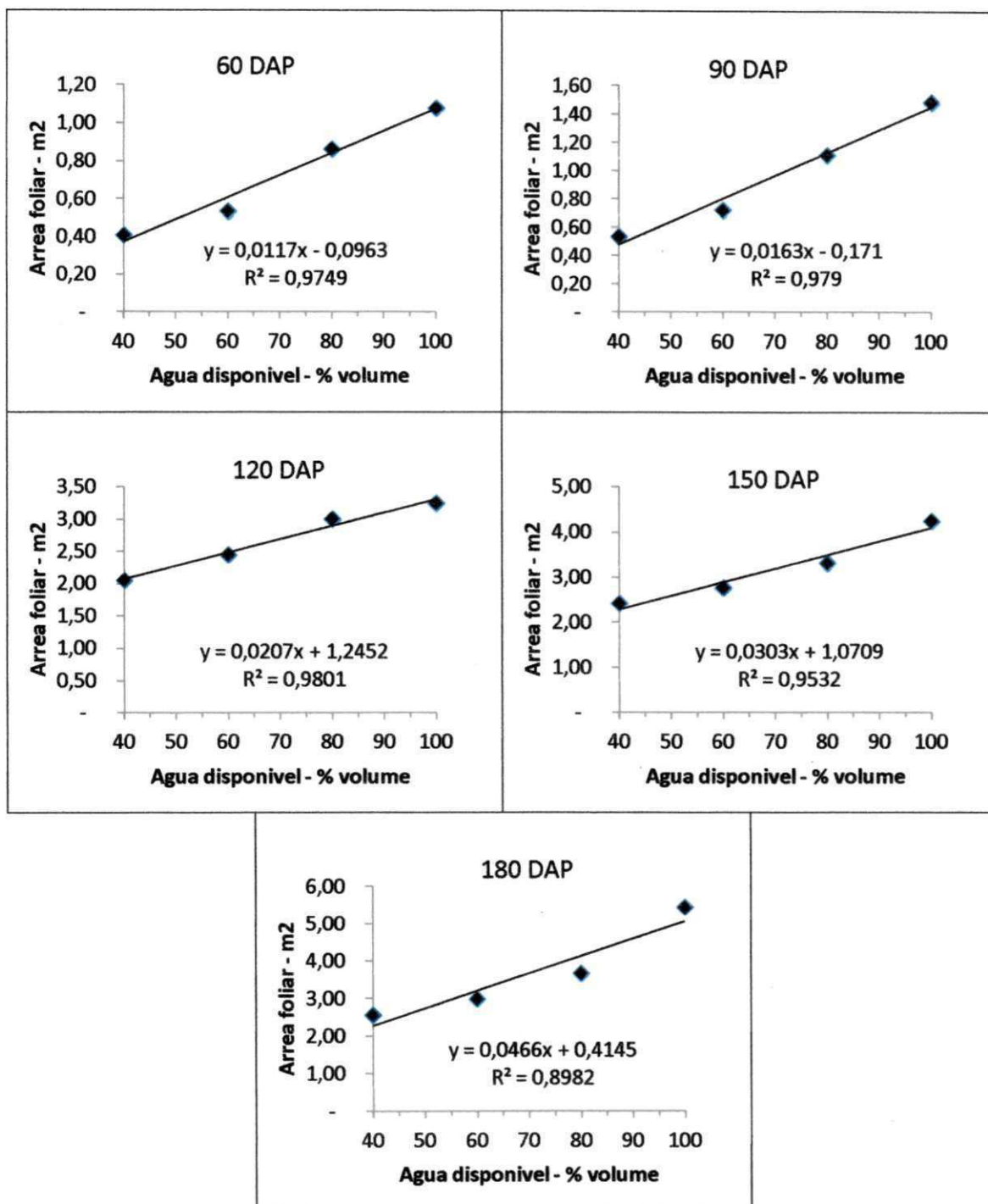


Figura 15 - Área foliar média dos cultivares de mamona em função do conteúdo de água disponível no solo.

#### 5.2.4 – Fitomassa da parte aérea

Com relação os cultivares não houve diferença estatística significativa entre o BRS-188 Paraguaçu e BRS -149 Nordestina quando submetidos aos diferentes conteúdos de água no solo durante o ciclo da cultura. Apresentam-se, na tabela 16, os resultados das análises de variância (ANAVA) para a fitomassa da parte aérea (FPA) da cultivar de mamona BRS 188 – Paraguaçu e BRS 149 Nordestina, constata-se diferença significativa ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) com relação a produção de fitomassa da parte aérea, a fitomassa produzida pelas plantas cultivadas, aos 90, 120, 150 e 180 DAP, respectivamente. A água disponível no solo influenciou significativamente ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) a produção de fitomassa da parte aérea. A produção média de fitomassa da parte aérea obtida por plantas conduzidas em solos mantidos a 100 % de água disponível e aos 180 DAP ficou próxima à obtida durante o primeiro ciclo da cultura, 7,11% maior que a fitomassa do primeiro ciclo, o que demonstra a capacidade e a viabilidade de desenvolvimento do rebroto da mamoneira às condições a que foram submetidas.

As regressões para os diferentes níveis de água disponível são dispostas na Figura 15; verifica-se que o comportamento para o acúmulo de fitomassa da parte aérea foi linear à medida que elevou os níveis de conteúdo de água no solo; o aumento unitário da fitomassa produzida pela cultivar de mamona dos 60 aos 180 DAP variou de 4,49 g a 25,49 g, respectivamente. Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade para avaliar o comportamento da fitomassa da planta no período, onde observou-se uma tendência crescente da fitomassa da planta a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo, obtendo-se resultados semelhantes aos do primeiro ciclo.

Tabela 16. Resumo das análises de variância referente à variável fitomassa da planta, 2<sup>o</sup> ciclo da mamoneira.

Fonte de variação		Fitomassa				
		Quadrado médio				
GL		60 DAP	90 DAP	120 DAP	150 DAP	180 DAP
Cultivar	1	2671,26 <sup>ns</sup>	18007,28 <sup>ns</sup>	221,43 <sup>ns</sup>	83025,60 <sup>ns</sup>	590,04 <sup>ns</sup>
AD	3	87505,76 <sup>**</sup>	221251,60 <sup>**</sup>	372848,70 <sup>**</sup>	1605906,57 <sup>**</sup>	2595499,08 <sup>**</sup>
Interação	3	7725,27 <sup>ns</sup>	5635,72 <sup>ns</sup>	5845,26 <sup>ns</sup>	21787,20 <sup>ns</sup>	53072,52 <sup>ns</sup>
Blocos	2	62402,42 <sup>ns</sup>	2120,12 <sup>ns</sup>	4836,88 <sup>ns</sup>	27893,03 <sup>ns</sup>	122215,37 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	4601,29	171209,11	20226,03	28337,94	138372,69
CV %		14,46	15,75	15,38	13,97	21,93
<b>(AD)</b>						
Reg. Pol. Linear		241957,12 <sup>**</sup>	615731,48 <sup>**</sup>	1098349,00 <sup>**</sup>	4544766,25 <sup>**</sup>	7770699,49 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Quad.		19164,80 <sup>ns</sup>	21756,28 <sup>ns</sup>	20131,83 <sup>ns</sup>	272086,21 <sup>**</sup>	12982,80 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		1395,37 <sup>ns</sup>	26267,04 <sup>ns</sup>	65,26 <sup>ns</sup>	867,25 <sup>ns</sup>	2814,94 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		4601,29	12229,22	20226,03	28337,94	138372,69
<b>Fitomassa (g)</b>						
Nordestina		458,40 a	674,61 a	921,49 a	1146,38 a	1691,35 a
Paraguaçu		479,50 a	729,40 a	927,56 a	1264,01 a	1701,27 a
DMS		59,39	96,82	124,52	147,39	325,71
40% de água disp.		365,91	532,01	667,21	730,53	904,80
60% de água disp.		385,56	555,88	797,68	896,05	1479,63
80% da água disp.		495,83	787,91	993,46	1301,40	1959,51
100%da água disp.		628,51	932,21	1239,76	1892,81	2441,31

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

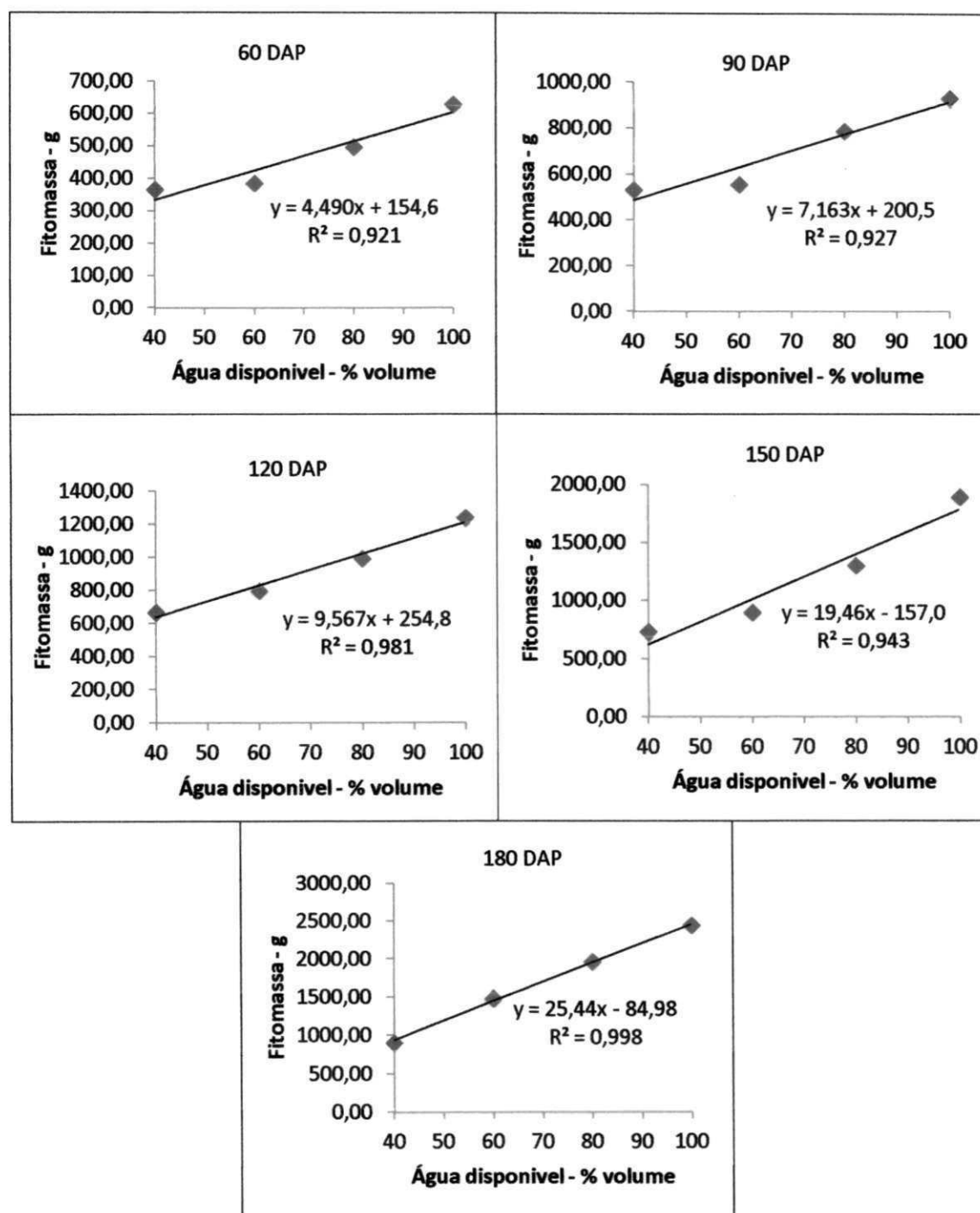


Figura 16. Fitomassa média dos cultivares de mamona em função do conteúdo de água disponível no solo.

### 5.2.5 - Razão de área foliar - RAF

Os resultados das análises de variância (ANAVA) para a razão de área foliar que se encontram na Tabela 17 verifica - se que houve influência significativa na RAF para a água disponível no solo, ela promoveu diferença significativa ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) aos 90 DAP e 5% ( $p < 0,05$ ) aos 180 DAP, não apresentando significância nos 60, 120, 150 DAP. As plantas submetidas ao maior conteúdo de água do solo (100% da AD) apresentaram as maiores razões de área foliar (Figura 17) demonstrando serem menos eficientes quanto à sua capacidade fotossintética. Os cultivares BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina não apresentaram diferenças estatísticas entre si em todas as fases.

As plantas que foram mantidas à capacidade de campo (100% AD) aos 180 DAP, apresentaram uma razão de área foliar de  $35,13 \text{ cm}^2\text{g}^{-1}$ , superior à razão de área foliar das plantas submetidas às condições de 40; 60; 80 e 100 % AD, que apresentaram valores de 31,12; 24,39; 21,51 e  $22,25 \text{ cm}^2\text{g}^{-1}$ , respectivamente.

A alocação de biomassa é um dos principais mecanismos pelos quais as plantas se ajustam às mudanças nos recursos ambientais, visando obter, mais eficientemente, os recursos limitantes (CHAPIN et al., 1987 apud SAUSEN, 2007). Medidas do crescimento diferencial de órgãos, ou seja, razões entre parte aérea podem fornecer um indicador do desempenho de cada componente da planta em determinado ambiente. Além disso, a habilidade para acumular reservas do caule e da folha é uma importante característica para manter o crescimento reprodutivo sob déficit hídrico (BLUM et al., 1994).

Durante o desenvolvimento das plantas, a atividade fotossintética aumenta com a idade da folha até sua expansão máxima, decrescendo após, até a senescência (PIMENTEL e ROSSIELO, 1995). De acordo Carlesso (1995), a senescência é um efeito comum para a cultura próximo à fase de maturação. É um mecanismo de fundamental influência na produção final das culturas, pois reduz a área fotossinteticamente ativa da planta, a senescência das folhas é induzida pelo déficit hídrico durante o período de enchimento dos grãos (WOLFE et al., 1988). Sivakumar e Shaw (1978), afirmaram que, em condições de déficit hídrico no solo, reduz-se a expansão das folhas, acelera a senescência, diminui o índice de área foliar e aumenta a abscisão das folhas.

Os resultados das regressões para este parâmetro são mostrados na Figura 17, é possível verificar que a RAF apresentou diferença significativa com taxa de crescimento linear crescente, à medida que se eleva a água disponível no solo a qual se manteve constante

Tabela 17. Resumo das análises de variância referente à variável Razão de Área Foliar no 2<sup>o</sup> ciclo da mamoneira.

Fonte de variação		Razão de área foliar – RAF				
		Quadrado médio				
	GL	60 DAP	90 DAP	120 DAP	150 DAP	180 DAP
CULTIVAR	1	10,89 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	1,83 <sup>ns</sup>	43,44 <sup>ns</sup>
AD	3	51,36 <sup>ns</sup>	61,13**	30,78 <sup>ns</sup>	47,70 <sup>ns</sup>	114,86*
Interação	3	9,73 <sup>ns</sup>	4,63 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	4,80 <sup>ns</sup>
Blocos	2	8,21 <sup>ns</sup>	2,86 <sup>ns</sup>	4,78 <sup>ns</sup>	19,32 <sup>ns</sup>	33,93 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	17,52	6,91	31,25	17,68	32,11
CV %		17,10	10,49	17,76	12,30	22,83
<b>(AD)</b>						
Reg. Pol. Linear		147,07 **	170,88 **	87,24 <sup>ns</sup>	125,23*	260,92*
Reg. Pol. Quad.		6,92 <sup>ns</sup>	6,34 <sup>ns</sup>	5,07 <sup>ns</sup>	14,15 <sup>ns</sup>	83,66 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,09 <sup>ns</sup>	6,16 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	3,72 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		17,52	6,91	31,25	17,68	32,11
<b>cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup></b>						
Nordestina		23,80 a	24,89 a	31,41 a	33,91 a	23,47 a
Paraguaçu		25,15 a	25,22 a	31,53 a	34,46 a	26,16 a
DMS		3,66	2,30	4,89	3,68	4,96
40% de água disp.		21,66	21,76	28,47	31,71	21,50
60% de água disp.		22,91	24,03	31,03	32,92	22,24
80% da água disp.		24,96	25,05	32,83	33,91	24,39
100% da água disp.		28,36	29,38	33,55	38,19	31,11

GL - grau de liberdade; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; DMS – diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

quando as plantas foram conduzidas sob diferentes conteúdos de água no solo ao longo do ciclo. Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade para avaliar a variação da razão de área foliar da planta no período, onde constatou -se uma tendência crescente da razão de área foliar da planta a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo, obtendo resultados semelhantes aos do primeiro ciclo.

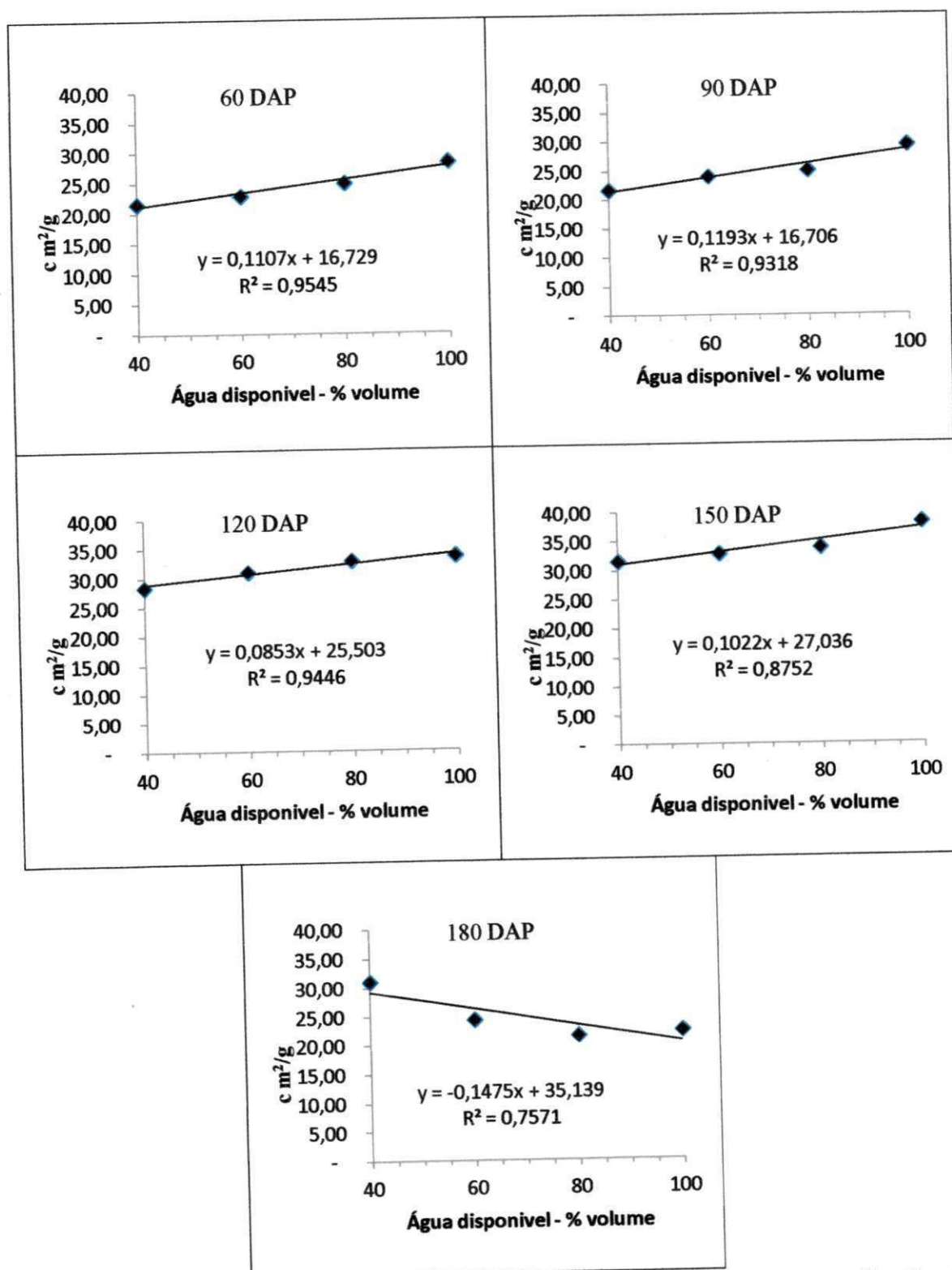


Figura 17. Razão de área foliar média dos cultivares da mamona em função do conteúdo de água disponível no solo.



### 5.2.6 – Número de Inflorescências

Os cultivares BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu não apresentaram diferenças estatística significativa entre si em todo o seu ciclo quanto a inflorescência. Os resultados das análises de variância (ANAVA) referente ao número de inflorescências apresentados na Tabela 18, verifica-se influência significativa ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) para todo o ciclo da cultura; as plantas submetidas aos níveis de AD emitiram o maior número de inflorescências em 17,67; 21,00; 26,67; e 34,50 % para os 90, 120, 150 e 180 DAP, respectivamente.

Com relação ao conteúdo de água disponível no solo, houve diferença significativa ao nível de 1% ( $P < 0,01$ ) durante todo o ciclo da cultura. As plantas cujo tratamento foi mantido a 100% de AD emitiram em média, 38 inflorescências, enquanto as plantas mantidas a 40; 60 e 80 % AD emitiram, em média, 34, 25 e 22 inflorescências. Esses resultados evidenciam a sensibilidade da cultivar de mamona às condições de escassez de água do solo às quais foram submetidas; confirmando os resultados obtidos no segundo ciclo similar aos obtidos em primeiro ciclo.

As regressões para o fator quantitativo água disponível referente ao número de inflorescências emitidas, são visualizadas através da Figura 18, onde constata-se que o número de emissões aumentou linearmente à medida em que se elevou a disponibilidade de água no solo, com variações de 0,23 a 0,56 unidades para cada aumento unitário do percentual de água no solo. Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade para avaliar o comportamento da inflorescência da planta no período, onde constatou-se uma tendência crescente de inflorescência da planta a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo, com resultados semelhantes aos do primeiro ciclo.

Tabela 18. Resumo das análises de variância referente à variável inflorescência da planta 2<sup>o</sup> ciclo da mamona.

Fonte de variação		Inflorescência				
		Quadrado médio				
	GL	60 DAP	90 DAP	120 DAP	150 DAP	180 DAP
Cultivar	1	3,37 <sup>ns</sup>	4,16 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	5,04 <sup>ns</sup>
AD	3	42,04 <sup>**</sup>	50,55 <sup>**</sup>	105,87 <sup>**</sup>	182,37 <sup>**</sup>	325,59 <sup>**</sup>
Interação	3	0,26 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	2,48 <sup>ns</sup>	7,48 <sup>ns</sup>
Blocos	2	2,04 <sup>ns</sup>	8,16 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	1,54 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	4,89 <sup>ns</sup>	6,45 <sup>ns</sup>	2,43 <sup>ns</sup>	4,01 <sup>ns</sup>	6,82 <sup>ns</sup>
CV %		17,42	16,21	8,50	9,53	10,47
<b>(AD)</b>						
Reg. Pol. Linear		126,07 <sup>**</sup>	149,63 <sup>**</sup>	305,60 <sup>**</sup>	516,67 <sup>**</sup>	946,40 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Quad		0,04 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>	10,01 <sup>*</sup>	26,04 <sup>*</sup>	30,37 <sup>*</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,00 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	2,00 <sup>ns</sup>	4,40 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		4,89	6,45	2,43	4,01	6,82
<b>Numero (unid.)</b>						
Nordestina		12,33 a	15,25 a	18,25 a	20,83 a	24,50 a
Paraguaçu		13,08 a	16,08 a	18,45 a	21,25 a	25,41 a
DMS		1,93	2,22	1,36	1,75	2,28
40% de água disp.		9,66	12,50	14,08	15,66	17,66
60% de água disp.		11,66	14,50	16,50	18,50	21,00
80% da água disp.		13,66	16,33	18,91	21,50	26,66
100% da água disp.		15,83	19,33	23,91	28,50	34,50

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,0 (\*\*), de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ )

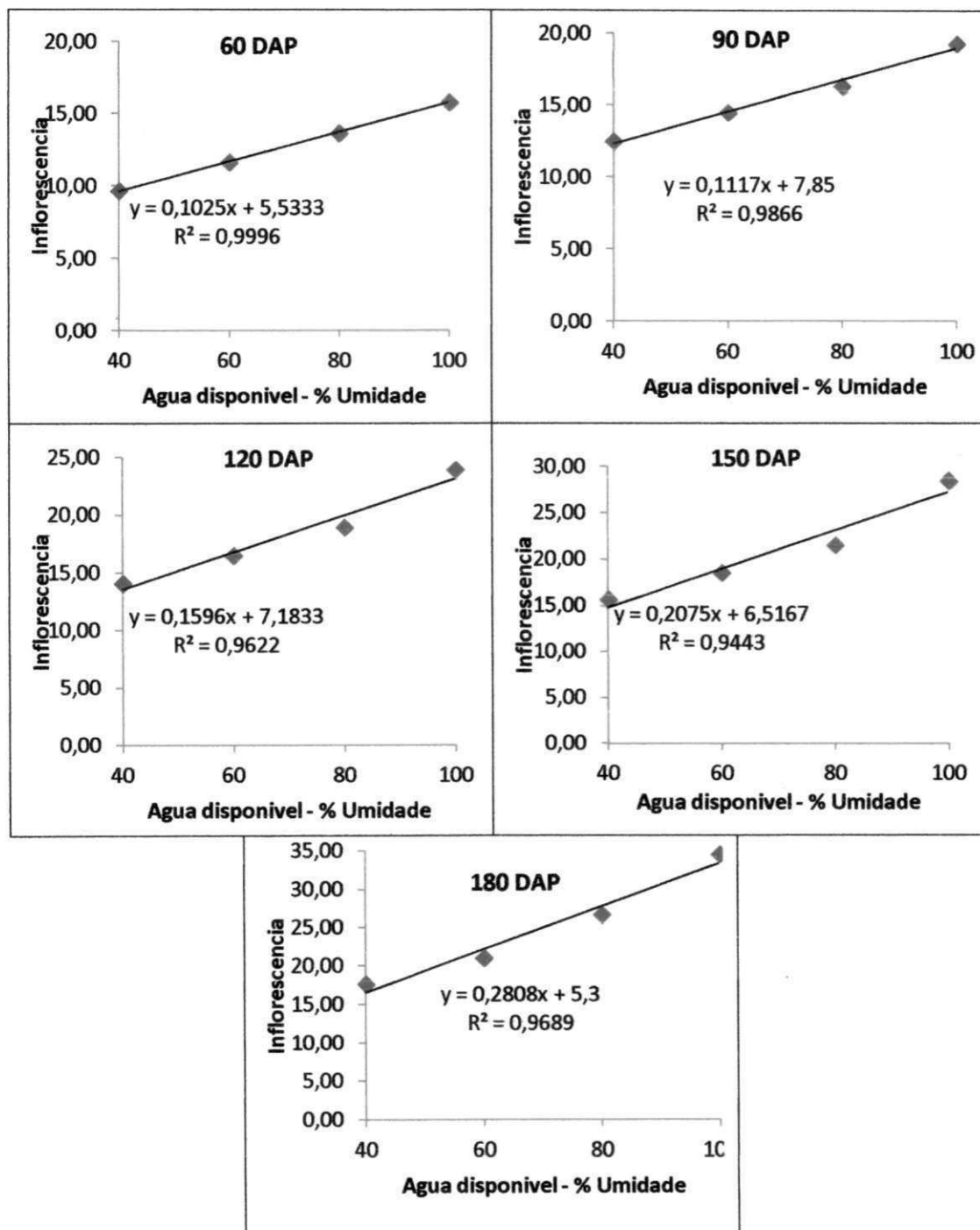


Figura 18. Inflorescência média dos cultivares de mamona em função do conteúdo de água disponível no solo.

### 5.2.7 - Teor de óleo.

Na Tabela 19 são apresentados os resultados das análises de variância (ANAVA) do teor de óleo das sementes das cultivares de mamona BRS 188 – Paraguaçu e BRS 149 - Nordestina, entretanto, no tocante aos diferentes conteúdos de água no solo a que foram submetidas as plantas, houve diferença estatística significativa ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ), no entanto os cultivares não apresentaram diferenças significativa entre si, de teor de óleo em nenhuma fase.

O estresse hídrico causado pela diminuição do conteúdo de água no solo provocou reduções no teor de óleo, as sementes das plantas conduzidas a 100 % de AD, apresentaram, em média, teor de óleo de 51,10%, enquanto os tratamentos que foram submetidos a estresse hídrico por deficiência, para os níveis de 40; 60; 80 e 100 % AD, apresentaram teores médios de 43,42; 44,13; 47,66; 51,10 % de óleo, respectivamente.

Barros Júnior (2007), observou que o estresse hídrico reduziu o teor de óleo nas sementes em decorrência da baixa qualidade das sementes produzidas por plantas conduzidas a 60% de AD, o mesmo sendo obtido para o tratamento mantido a 80% de AD; para este último, a redução foi de mais de 53 % na produção de óleo em relação ao teor de óleo produzido por plantas que tiveram a disponibilidade de água mantida a capacidade de campo.

O teor médio de óleo (51,10%) obtido nas sementes das plantas conduzidas sem estresse hídrico, é superior a faixa de 45 a 49% previstas por Azevedo et al. (1997) e EMBRAPA (2002) para as cultivares Nordestina e Paraguaçu. Laureti (2002), em trabalhos com o híbrido “HD 912” de mamona, registrou reduções de até 50,7 % no teor de óleo das sementes quando irrigadas com reduções progressivas nas lâminas de água, proporcionais a 75, 50 e 25% da ETc. Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade de água para analisar o comportamento do teor de óleo das sementes de mamona no período, onde constatou-se uma tendência crescente do teor de óleo da semente a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo, sendo que os resultados obtidos são semelhantes aos obtidos no primeiro ciclo.

**Tabela 19.** Resumo das análises de variância referente à Variável Teor de óleo das sementes, 2<sup>o</sup> ciclo na mamona.

Fonte de variação		Teor de óleo das sementes
		Quadrado médio
Cultivar	1	1,73 <sup>ns</sup>
AD	3	47,28**
Interação	3	0,46 <sup>ns</sup>
Blocos	2	13,98 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	7,01
CV %		3,32
		(AD)
Reg. Pol. Linear		210,41 **
Reg. Pol. Quad		11,07 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		2,61 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 **
Resíduo		7,01
		Teor de óleo (%)
Nordestina		47,49 %
Paraguaçu		48,03 %
DMS		1,38
40% de água disp.		44,42
60% de água disp.		46,94
80% da água disp.		48,59
100% da água disp.		51,10

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ ).

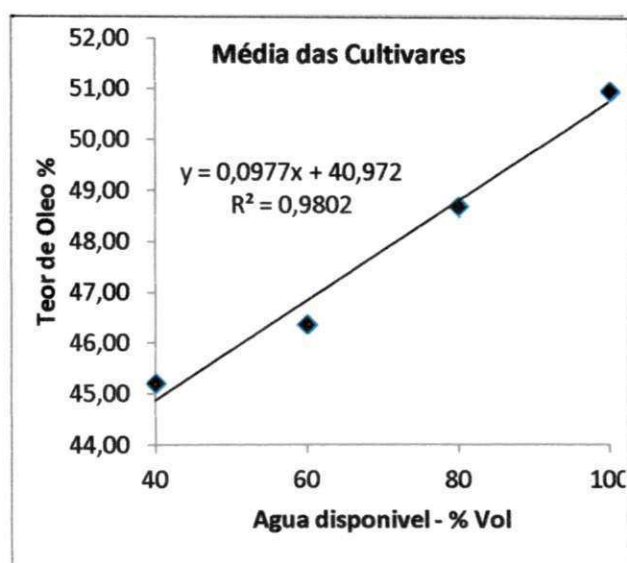


Figura 19. Teor de óleo das sementes média dos cultivares da mamona em função do conteúdo de água disponível no solo.

#### 5.2.8 - Eficiência de uso de água.

Na Tabela 20, estão as análises de variância (ANAVA) da eficiência do consumo de água na qual se verifica diferenças a 1% ( $p < 0,01$ ) para o tratamento referente aos diferentes conteúdos de água no solo disponibilizados para as plantas; as plantas mantidas a 100% AD tiveram volume aplicado médio de  $0,70 \text{ m}^3$  (1700 mm). Não houve diferença significativa da eficiência entre os cultivares BRS- 188 Paraguaçu e BRS -149 Nordestina quando submetidas aos diferentes conteúdos de água no solo, tiveram volume aplicado médio de  $0,70 \text{ m}^3$  (1293,0 mm), os cultivares apresentaram eficiência de  $2,495 \text{ kg m}^{-3}$  e  $2,185 \text{ kg m}^{-3}$ . A eficiência de consumo aumentou com o volume de água aplicado na irrigação, obtendo-se o maior índice de eficiência no tratamento com nível mais alto de água disponível, ou seja, as plantas apresentaram maior capacidade de reverter o volume de água consumido em produção de fitomassa à medida que a disponibilidade hídrica no solo foi aumentada, conforme Figura 20. Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade de água para analisar o comportamento da eficiência da mamona no período, onde constatou-se uma tendência crescente da eficiência da mamona a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo, os resultados obtidos são semelhantes aos obtidos aos do primeiro ciclo.



Tabela 20. Resumo das análises de variância referente à variável: Eficiência de uso de água dos cultivares de mamona 2º ciclo.

Fonte de variação	GL	Volume de água aplicado		Eficiência de consumo	
		Quadrado médio			
Cultivar	1	0,03 *		0,576 <sup>ns</sup>	
AD	3	0,10 <sup>**</sup>		0,582 <sup>**</sup>	
Interação	3	0,01 <sup>ns</sup>		0,0406 <sup>ns</sup>	
Blocos	2	1,38 <sup>ns</sup>		0,198 <sup>ns</sup>	
Resíduo	14	0,01		0,072	
CV %		12,40		11,49	
(AD)		N	P	N	P
Reg. Pol. Linear		0,061 <sup>**</sup>	0,063 <sup>**</sup>	0,791 <sup>**</sup>	0,842 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Quad		0,002 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,221 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,001 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>
Desvio		0,000 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,053 <sup>ns</sup>
Resíduo		0,000	0,000	0,103	0,103
		m <sup>3</sup>		kg m <sup>-3</sup>	
<b>Nordestina</b>		0,952 b (1580,0 mm)		2,185 b	
<b>Paraguaçu</b>		1,023 a (1.700,0 mm)		2,495 a	
<b>DMS</b>		0,060		0,235	
40% de água disp.		0,5233		1,7527	
60% de água disp.		0,6750		2,2164	
80% de água disp.		0,8183		2,4131	
100% de água disp.		0,9383		2,6349	

GL - grau de liberdade; AD - água disponível; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05); DAP - dias após a poda.

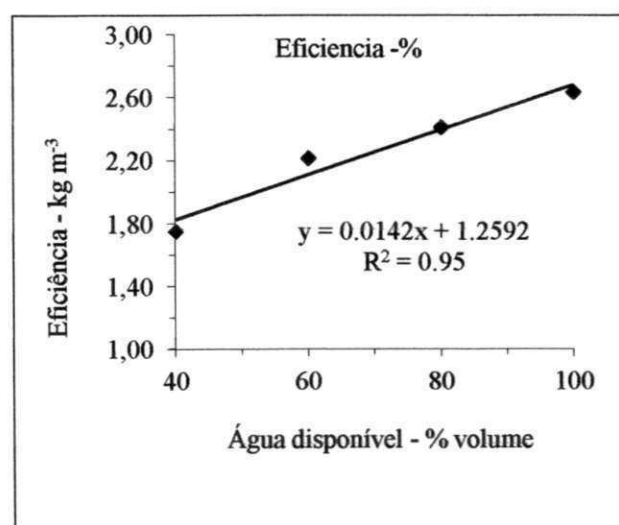


Figura 20. Volume de água aplicado e eficiência do uso da água média dos cultivares de mamona em função da água disponível do solo em 2º ciclo.

### 5.2.9 - Produtividade média de frutos.

A produtividade média de frutos das cultivares BRS 188 – Paraguaçu e BRS 149-Nordestina, não teve diferença significativa entre si ao longo de todas as fases, os resultados das análises de variância (ANAVA) são visualizados na Tabela 21.

A água disponível do solo influenciou significativamente, ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ), a produtividade média das cultivares de mamona, observando-se que as plantas cujo solo foi mantido a capacidade de campo (100% AD) apresentaram produtividade média de 4.911,11 kg ha<sup>-1</sup> e de 6.336,11 kg ha<sup>-1</sup>. O déficit hídrico é uma situação comum à produção de muitas culturas, podendo apresentar impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento das plantas (LECOEUR e SINCLAIR, 1996); assim, existe um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> para produção de carboidratos (TAIZ e ZEIGER, 1998). A necessidade de se resolver este conflito, leva a planta a desenvolver mecanismos morfofisiológicos que as conduzem a economizar água para uso em períodos posteriores (McCREE e FERNÁNDEZ, 1989) levando as plantas, então, acelerarem a produção de sementes. Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade de água para analisar o comportamento da produtividade da mamona no período, onde constatou –se uma tendência crescente da eficiência da mamona a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo. Nos intervalos de 0-60 e 90-150 dias onde os cultivares foram submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, variando entre 40 % a 80 % de disponibilidade de água para analisar o comportamento da produtividade média de frutos de mamona no período, onde constatou –se uma tendência crescente da produção de frutos de mamona a medida que cresceu o percentual de disponibilidade de água no solo, sendo que os resultados obtidos são semelhantes aos do primeiro ciclo.



Tabela 21. Resumo das análises de variância referente à variável produtividade média de frutos no 2<sup>o</sup> ciclo da mamona.

Fonte de variação		Produtividade média – kg ha <sup>-1</sup>
	GL	Quadrado médio
Cultivar	1	44444,82 <sup>ns</sup>
AD	3	4398092,68 <sup>**</sup>
Interação	3	16008,31 <sup>ns</sup>
Blocos	2	62434,40 <sup>*</sup>
Resíduo	14	41124,11
CV %		10,24
(AD)		
Reg. Pol. Linear		140,963363 <sup>**</sup>
Reg. Pol. Quad		0,000417 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,887520 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00
Resíduo		2,511761
		Produtividade de frutos - kg ha <sup>-1</sup>
NORDESTINA		1937,7b
PARAGUAÇU		2023,8a
DMS		396,04
40% de água disp.		1185,36
60% de água disp.		1539,01
80% da água disp.		2048,90
100% da água disp.		3149,78

GL - grau de liberdade; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; DMS – diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ )

A regressão para o fator quantitativo água disponível referente à produtividade média da mamoneira, pode ser vista na Figura 21, verificando-se tendência linear crescente de produtividade, ocorrendo diferença acentuada entre os tratamentos submetidos a diferentes níveis de água disponível, com acréscimos de 32,01 kg ha<sup>-1</sup> de frutos para cada aumento unitário de água disponível.

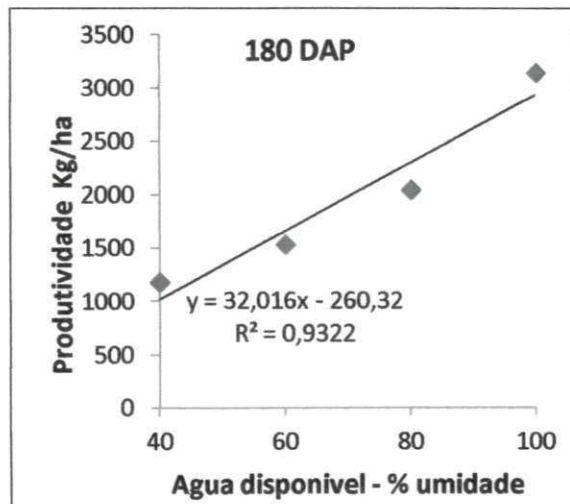


Figura 21. Produção de sementes média dos cultivares de mamoneira em função da água disponível do solo em rebrote.

## 6. CONCLUSÕES:

1. A irrigação com níveis crescentes de lâminas de água disponível no solo aumentou significativamente todas as variáveis de crescimento e desenvolvimento dos cultivares BRS 188 – Paraguaçu e BRS 149 Nordestina.
2. A eficiência dos cultivares BRS 188 – Paraguaçu e BRS 149 Nordestina, para transformar a água consumida em fitomassa, frutos e sementes, aumentou com a adição de água disponível no solo, evidenciando a importância desse insumo no comportamento destes cultivares.
3. O conteúdo de água do solo influenciou significativamente na produção dos cultivares BRS188 – Paraguaçu e BRS 149 Nordestina, tanto quantitativa como qualitativamente. Quando não submetidas ao déficit hídrico os cultivares é mais eficiente em fitomassa, proporcionando maiores produtividades.
4. A disponibilidade de água nos diferentes teores e estádios fenológicos estudados, promoveu alterações significativas nos processos fisiológicos essenciais à produtividade dos cultivares BRS188 – Paraguaçu e BRS 149 Nordestina. Observou-se que em geral todas as variáveis aumentaram com o aumento do conteúdo de água no solo nos diferentes estádios fenológicos. Assim a melhor performance da mamona, nos dos períodos, foi obtida quando o conteúdo de água do solo se manteve sempre na capacidade de campo, com 100% da água disponível no solo para as plantas.
5. O segundo ciclo da cultura, obtido a partir da poda drástica aos 180 dias, apresentou performance semelhante aos do primeiro ciclo, com elevado padrão de qualidade do produto final.

## 7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. M.; ALMEIDA NETO, J.A. de; PIRES, M de M.; ROCHA, P.K. a produção de mamona no Brasil e o programa brasileiro de desenvolvimento tecnológico do biodiesel. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD –ROM

AKTAR, M.; MAHMOOD, I. Control of plant-parasitic nematodes with organic and inorganic amendments in agricultural soil. **Applied Soil Ecology**. v.4. p:243-247. 1996.

AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A.E. de; BELTRÃO, N. E. de M. Clima e Solo. In: AZEVEDO, D. M. P. de e LIMA, E. F. (Editores Técnicos). **O Agronegócio da Mamona no Brasil**. EMPRAPA – ALGODÃO (Campina Grande, PB). - Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001, cap. III, p.63-74. ISBN 85-7383-116-2.

ANDRADE, F. P. de; FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; SILVA, G. A. da; SILVA, L. C. da; DOURADO, R. M.F. **BRS Nordestina**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. não paginado. (Folder).

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

ÁVILA, T. T. DE; LOY, F.; CASAGRANDE JR, J. G.; ANJOS E SILVA, S. D. DOS; ÁVILA, T. DE. **Efeito da poda na floração de pinhão-manso (Jatropha curcas L.) no Rio Grande do Sul**.

AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Embrapa Algodão (Campina Grande. PB). 2. ed. rev. e ampl. Brasília. DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2007.

AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A.E. de; BELTRÃO, N. E. de M. Clima e Solo. In: AZEVEDO, D. M. P. de e LIMA, E. F. (Editores Técnicos). **O Agronegócio da Mamona no Brasil**. EMPRAPA – ALGODÃO (Campina Grande, PB). - Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001, cap. III, p.63-74. ISBN 85-7383-116-2.

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

BARROS JUNIOR,, G.; Guerra, H. O. C.; Lacerda, R. D.; Cavalcanti, M. L. F.; Barros, A. D.; **Análise de crescimento da mamoneira submetida ao estresse hídrico**. Campina Grande. PB. In: I Congresso brasileiro de mamona. 2004.

BARROS JÚNIOR, G. **Efeito do conteúdo de água do solo, monitorado com TDR, sobre desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamona**. Campina Grande. 2007. 173p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande.

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

BELTRÃO, N. E. de M. et al. Estimativa da produtividade primária de assimilados na cultura da mamona no semiarido brasileiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. v. 09. n. 01/03. p. 925-930. 2005.

BELTRÃO, N. E. de M. SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P .de; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: Azevedo, D. M. P. de & Lima, E. F (Editores Técnicos). **O Agronegócio da Mamona no Brasil**. EMPRAPA – ALGODÃO (Campina Grande, PB). - Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001, cap. II, p.37-59. ISBN 85-7383-116-2.

BELTRÃO, N. E. de M. SILVA, L. C.; MELO, F. de B. **Cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) para o semi-árido nordestino, em especial do Piauí**. Campina Grande: EMPRAPA ALGODÃO/EMBRAPA-CPAMN, 2002. 44p (EMBRAPA Algodão.

Documentos, 97).

BELTRÃO, N. E. de M.; SOUZA, J.G. de; SANTOS, J.W.dos; JERONIMO, J.F.; COSTA, F.X.; LUCENA, A.M.A. de; QUEIROZ, U. C. de. Fisiologia da mamoneira, cultivar BRS 149 Nordeste na fase inicial de crescimento, submetida a estresse hídrico. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v.7, n.1, p.659-664, jan-abr. 2003.

BELTRÃO, N. E. de M. **Crescimento e desenvolvimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. COMUNICADO TÉCNICO Nº 146 – EMBRAPA Algodão – Campina Grande, Janeiro de 2003. 4p. il.

BELTRÃO, N. E. de M.; CARDOSO, G. D.; SEVERINO, L.S.; GONDIM, T.M de S.; PEREIRA, J.R. segmentos do agronegócio da mamona. II. A cadeia da mamona no Brasil, em especial a P&D, considerando o estado da arte, demandas de pesquisa e ações para o desenvolvimento. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD –ROM

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.

BOYER, J.S. Plant productivity and environment. **Science**, v.218, p.443-448, 1982.

BOUYOUCOS, G. J. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. **Agronomy Journal** 43 (9): 434 – 438. 1951.

BLUM, A.; SINMENA, B.; MAYER, J.; GOLAN, G.; SHPILER, L. Stem reserve mobilization supports wheat-grain filling under heat stress. **Australian Journal of Plant Physiology**. Victoria. v.21. p.771-781. 1994.

Bray, E. A. Plant responses to water deficit. **Trends in Plant Science**, 2: 48-54. 1997.

CAMARGO, A. P. M de; ZABINI, A.V. Diagnóstico nutricional da mamoneira em resposta a adubação foliar no oeste da Bahia. In: Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 1, 2006, Varginha. **Anais...**Universidade Federal de Lavras, 2006.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n.1, p. 183 – 188. 1995.

CARLINI, C. R.; SÁ, M. F. G. Plant toxic proteins with inseticidal properties. A review on their potentialities as bioinseticides. **Toxicon**. v.40. p. 1515-1539. 2002.

CARNEIRO, J. O. **Recursos de Solo e Água no Semi-Árido Nordestino**. João Pessoa: A UNIÃO, 1998. 115 p.

CARTAXO, W.V.; BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, O.R.R.F da; SEVERINO, L.S.; SUASSUNA, N. D.; SOARES, J.J. **O cultivo da Mamona no Semi-árido brasileiro**. CIRCULAR TÉCNICA Nº 77 – EMBRAPA Algodão – Campina Grande, Junho de 2004. 20 p. il.

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

CHIERICE, G. O.; NETO, S. C. Aplicação Industrial do Óleo. In: Azevedo, D. M. P. de & Lima, E. F (Editores Técnicos). **O Agronegócio da Mamona no Brasil**. EMPRAPA – ALGODÃO (Campina Grande, PB). Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001, cap. v, p.89-120. ISBN 85-7383-116-2.

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

CURI, S. e CAMPELO JÚNIOR; J.H. Evapotranspiração e coeficientes de cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.), em Santo Antônio do Leverger - MT. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD –ROM

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O; tradução de GHEYI, H.R.; METRI, J.E.C.; DAMASCENO, F.A.V. **Necessidades hídricas das culturas**. UFPB, Campina Grande, 1997. 204 pg.:il.

DRUMMOND, A.R.F.; Gazineu, M.H.P.; ALMEIDA, L.; MAIOR, A.S. Produção e valor energético da torta de mamona no agreste pernambucano. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2., 2006, Aracajú. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. CD –ROM.

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

EMBRAPA - Tema: **Ecosistema\Trópico Semi-Árido**. O Semi-Árido não é fácil mas difícil também não é (15/04/1997). [www.sede.embrapa.br/noticias/banco\\_de\\_noticias](http://www.sede.embrapa.br/noticias/banco_de_noticias). Acessado em 16 de Fevereiro de 2007. (a)

EMBRAPA - **Sistemas de Produção**. 4. Cultivo da Mamona - 2ª. Edição. Versão Eletrônica. Set/2006. Disponível em:  
[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona\\_2ed/referencias.html](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/referencias.html)

EMBRAPA ALGODÃO (Campina Grande. PB). **Informações gerais sobre a cadeia da mamona no nordeste e o estabelecimento de uma proposta de um projeto de desenvolvimento integrado com ênfase a produção de biodiesel** por Napoleão Esberard de Macedo Beltrão. Campina Grande. 2003. 17p. (Embrapa Algodão. Documentos. 122).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB). **Banco de dados**. Campina Grande, 2000.

EMBRAPA ALGODÃO. **BRS – 149 Nordestina e BRS – 188 Paraguaçu**. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2002. 2 folder.



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

EMBRAPA – **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no nordeste do Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA ALGODÃO. 1997. 52p. (Circular técnica. 25).

FAO. (Food and Agriculture Organization). Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 10 jan. 2005.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA-CNPAF. 1989. 425p.

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

FERNÁNDEZ, C. J.; McINNES, K. J.; COTHREN, J. T. Water status and leaf area production in water-and nitrogen-stressed cotton. **Crop Science**. Madison. v.36. p.1224-1233. 1996.

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: Azevedo, D. M. P. de & Lima, E. F (Editores Técnicos). **O Agronegócio da Mamona no Brasil**. EMPRAPA – ALGODÃO (Campina Grande, PB). - Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001, cap. XIII, p.295-335. ISBN 85-7383-116-2.

FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P. de. Melhoramento Genético. In: Azevedo, D. M. P. de & LIMA, E. F (Editores Técnicos). **O Agronegócio da Mamona no Brasil**. EMPRAPA – ALGODÃO (Campina Grande, PB). - Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001, cap. X, p.229-256. ISBN 85-7383-116-2.

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal 1**. 2 ed. São Paulo: EPU. 1985. 362p.

GERIK, T. J.; FAVER, K. L.; THAXTON, P. M. Late season water stress in cotton: I. Plant growth. water uses. and yield. **Crop Science**. Madison. v.36. p.914-921. 1996.

GRANER, E. A.; GODOY JÚNIOR, C. **Culturas da fazenda brasileira**. 4. ed. São Paulo: Melhoramento, 1967. 461p.

GUERRA, H. O. C. **Física dos Solos**. Campina Grande: UFCG, 2000. 173p.

GUINN, G; MAUNEY, J. R. Fruiting of cotton. I. Effects of plant moisture status on flowering. **Agronomy Journal**. v. 76. n. 1. p. 90-94. 1984.

HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiology*. 24. p. 519-570. 1973.

ICOA. **The chemistry of castor oil and its derivatives and their applications**. Disponível em: <[www.icoa.org](http://www.icoa.org)>. Acesso em 29 nov. 2005, 16:30:30.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 12/04/2006.

IBGE - Produção Agrícola Municipal. [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br) – 2000. Acesso em 10/09/2006.

Jensen, A. B.; Busk, P. K.; Figueras, M.; Albà, M. M.; Peracchia, G.; Messeguer, R.; Goday, A.; Pagès, M. Drought signal transduction in plants. **Journal of Plant Growth Regulation**, 20 (2): 105-110. 1996.

KOURI, J.; SANTOS, R F. dos. Aspectos econômicos do agronegócio da mamona no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2., 2006, Aracajú. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. CD –ROM

KOURI, J.; SANTOS, R F. dos; SANTOS, J. W. Evolução da cultura da mamona no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD –ROM.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Water requirements for Castor Oil Crop (*Ricinus communis* L.) in a Mediterranean Climate. **J. Agronomy & Crop Science**. Berlim. 184, 33-41. 2000.

Kozlowski, T.T. & Pallardy, S.G. **Growth control in woody plants**. San Diego, Academic Press.1997.

LACERDA, R. D. de. **Resposta da mamona à disponibilidade de água e matéria orgânica no solo, em dois ciclos com manejo de poda** / Rogério Dantas de Lacerda. — Campina Grande, 2010.

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

LECOEUR, J.; SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**. Madison. v.36. p.331-335. 1996.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. 2ª ed. Piracicaba – ESALQ/USP, 2000. 509 p.

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

LORENZI, H; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Ed. Nova Odessa, São Paulo, Instituto Plantarum, 2002, 512p.

MASHELA, P.W.; NITHANGENI, M. E. Efficacy of *Ricinus communis* fruit meal with and without *Bacillus* species on suppression of *Meloidogyne incognita* and growth of tomato. **Journal of Phytopatology**. v.150. p.399-402. 2002.

MAZZANI, B. **Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas**. Caracas: Centro Nacional de Investigaciones Agropecuárias. 1983. 629 p.

McCREE, K.J.; FERNÁNDEZ, C.J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**. Madison. v.29. p.353-360. 1989.

MODESTO, Z. M. M. e SIQUEIRA, N.J.B. **Botânica**. São Paulo: EPU. 1981. 2ª reimpressão. 356p.il.

MORAES, C. R. de A.; SEVERINO, L.S. Influência da saturação hídrica do solo sobre o desenvolvimento da mamoneira. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD –ROM.

MULLET, J. E.; Whitsitt, M. S. Plant cellular responses to water deficit. **Journal of Plant Growth Regulation**, 20 (2): 119-124. 1996.

NASCIMENTO, M. B. H. do. **Modificações no ambiente edáfico. na água e na mamoneira submetidos ao uso de biossólido e água residuária**. Campina Grande. 2003. 75p. (Dissertação de mestrado) Universidade Federal de Campina Grande.

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

PETRY, C. **Adaptação de cultivares de soja a deficiência hídrica no solo**. Santa Maria: UFSM. 1991. 106p. Dissertação Mestrado.

PIMENTEL, C.; ROSSIELO, R. O. P. Entendimento sobre relações hídricas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: O MILHO EM PERSPECTIVA, 1995, Belo Horizonte, MG. **Anais...** EMBRAPA/CNPMS, 1995. v.1. 449p. p.131-146.

PIRES, M. de M.; ALVES, J. M.; ALMEIDA NETO, J. A. de; ALMEIDA, C. M.; SOUSA, G. S. de; CRUZ, R. S. de; MONTEIRO, R.; LOPES, B. S.; ROBRA, S. Biodiesel de mamona: uma avaliação econômica. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD –ROM.

POPOVA, G.M.; MOSHKIN, V.A. Botanical and biological proprieties of castor: botanical classification. In: MOSHKIN, V.A (ed.) **Castor**, New Delhi, Amerind, 1986. p. 11-27.

PRATA, F. da C. Mamona. In: PRATA, F. da C. **Principais culturas do nordeste**. Fortaleza: Imprensa Universitária do Ceará. 1969.

RAMOS, N. P.; AMORIM, E. P.; GALLI, J. A.; MARTINS, A.L.M.; BRANCALIÃO, S.R.; SAVY FILHO, A.; BOLONHEZI, D. Desempenho vegetativo de mamona sob diferentes sistemas de manejo do solo. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2., 2006, Aracajú. **Anais...Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. CD –ROM.**

REDDY, A. R.; CHAITANYA, K. V.; VIVEKANANDAN, M. (2004). Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of Plant Physiology**, 161: 1189-1202.

REICHARDT, K. A água: absorção e translocação. In: FERRI, M. G. (Coord.). **Fisiologia vegetal 1**. São Paulo: EPU. Ed. da Universidade de São Paulo, 1979. v.1, cap. 1, p.03-24.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no Sistema Solo Planta Atmosfera**. V.1. Fundação Kargill, Campinas, 1985.

RIBEIRO FILHO, J. **Cultura da mamoneira**. Viçosa. MG: UFV. 1966. 75 p.

RODRIGUES, L. N; NERY, A. R.; CARVALHO, A. de P.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. de 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...Campina Grande: Embrapa Algodão. 2006. CD – ROM. (b)**

SAITO, T. e TERASHIMA, I. Reversible decreases in the bulk elastic modulus of mature leaves of deciduous *Quercus* species subjected to two drought treatments. **Plant, Cell and Environment** 27, 863-875. 2004.

SAMPAIO, E. **Fisiologia Vegetal – teoria e experimentos**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 1998. 190 p.il.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. **Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.2. n.3. p.287-294. 1998.

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

SHAINBERG, I.; OSTER, J. D. **Quality of irrigation water.** Dagan: International Irrigation Center, 1978. 65p.

SEVERINO, L. S. **O que sabemos sobre a torta de mamona.** Campina Grande: Embrapa Algodão. 2005. (Embrapa Algodão. Documentos. 136).

SEVERINO, L. S. **O que sabemos sobre a torta de mamona.** Campina Grande: Embrapa Algodão. 2005.31p. (Documentos. 134).

SEVERINO, L. S.; LIMA, C. L. D. de; BELTRÃO, N. E. de M.; CARDOSO, G. D. C.; FARIAS, V. de A. **Mamoneira submetida a encharcamento do solo.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DA MAMONA. 1. 2004. Campina Grande. PB. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004. CD –ROM. (a)

SILVA, W. J. da. Aptidões climáticas para as culturas do girassol, da mamona e do amendoim. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, MG, v.7, n.82. p. 24-28, 1981.

SIVAKUMAR, M. V. K.; SHAW, R. H. Relative evaluation of water estress indicators for soybeans. **Agronomy Journal.** Madison. v.70. p.619-623. 1978.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology.** The Benjamin/Cumming Publishing Company. California. 1998. 559 p.

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

TARDIEU, F. Drought perception by plants: Do cells of droughted plants experience water stress? **Journal of Plant Growth Regulation,** 20 (2): 93-104. 1996.

VARGAS, D. P., MAMONA (*Ricinus communis* L.): **CULTURA DE ANTERA, VIABILIDADE E CONSERVAÇÃO DE PÓLEN**, Pelotas, 2006. 98p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pelotas.

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

WEISS, E. A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983. 660p.

WIENS, P.; BRUNASSI, L. Dos; MATSURA, E. E. Utilização de um equipamento TDR (Reflectometria no domínio do tempo) para medir a condutividade elétrica do solo. IX Congresso Interno de Iniciação Científica da UNICAMP - **Anais**. Set de 2001.

WOLFE, D. W.; HENDERSON, D. W.; HSIAO, T. C. et al. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area duration, nitrogen distribution, and yield. **Agronomy Journal**. Madison. v.80. p.859-864. 1988.

WRIGHT, G. C.; NAGESWARA RAO, R. C. Groundnut water relations. In. SMART, J. **The Groundnut Crop: Scientific Basis for Improvement**. London: Chapman & Hall. 1994. p. 281-335.

ZHU, J. K. Cell signaling under salt, water and cold stresses. **Current Opinion in Plant Biology**. Oxford. v. 4. p.401-406. 2001.

ANEXOS



## DADOS CLIMATICOS - LAGOA SECA, PB

## Precipitação do Ano 2008 e serie histórica

Mês	Precipitação 2008 (mm)	Precipitação (27 anos)
Janeiro	45.0	46.8
Fevereiro	7.6	65.9
Março	204.1	113.5
Abril	95.0	135.7
Mai	122.9	105
Junho	128.0	149.4
Julho	165.7	144.1
Agosto	107.2	92.3
Setembro	37.4	40.2
Outubro	6.0	11.7
Novembro	0.0	15.4
Dezembro	11.6	17.5

## Precipitação do Ano 2009 e serie histórica

Mês	Precipitação 2009 (mm)	Precipitação (27 anos)
Janeiro	25.8	46.8
Fevereiro	163.0	65.9
Março	56.0	113.5
Abril	224.1	135.7
Mai	84.5	105
Junho	146.6	149.4
Julho	177.7	144.1
Agosto	121.9	92.3
Setembro	27.7	40.2
Outubro	0.0	11.7
Novembro	11.5	15.4
Dezembro	3.7	17.5

## Dados climáticos - ano 2008

Mês	T <sub>máx</sub> (°C)	T <sub>mín</sub> (°C)	T <sub>média</sub> (°C)
Janeiro	28.4	18.6	22.2
Fevereiro	30.1	18.9	23.3
Março	29.0	19.0	22.6
Abril	25.7	18.6	21.1
Mai	24.7	18.2	20.5
Junho	22.3	17.6	19.2
Julho	22.8	16.5	18.7
Agosto	23.4	16.4	19.0
Setembro	25.5	17.2	20.3
Outubro	27.7	17.8	21.5
Novembro	27.6	18.2	21.5
Dezembro*			
Média	26.1	17.9	20.9

- Dados não fornecidos

## Dados climáticos - ano 2009

MÊS	T <sub>máx</sub> (°C)	T <sub>mín</sub> (°C)	T <sub>média</sub> (°C)	Umidade relativa %
Janeiro	30.9	20.0	24.0	74.5
Fevereiro	28.3	20.4	23.1	85.3
Março	28.6	20.7	23.5	86.5
Abril	28.1	20.6	23.2	89.7
Mai	26.4	20.2	22.4	92.8
Junho	25.0	18.9	21.2	93.1
Julho	24.6	18.5	20.6	94.0
Agosto	25.3	18.0	20.7	90.6
Setembro	27.1	18.8	21.7	86.8
Outubro	29.5	19.1	22.9	79.5
Novembro	29.7	19.6	23.2	78.4
Dezembro	32.6	19.2	24.0	79.1
Média	27.6	19.5	22.4	-

**Cronograma do experimento (Primeiro ciclo).**

- 25 de Outubro de 2008: Plantio (5 sementes por cova )
- 01 de Novembro de 2008: Fertilização com superfosfato triplo (150 kg/ha)
- 08 de Novembro de 2008: Aplicação de inseticida (Decis)
- 09 de Novembro de 2008: Adubação com Uréia e KCl
- 16 de Novembro de 2008: Aplicação de inseticida (Decis)
- 24 de Novembro de 2008: Aplicação de insecticida Folicur e Adubação foliar a base de zinco e cobre
- 26 de Novembro de 2008: Adubação com Ureia
- 30 de Novembro de 2008 :Aplicação de fungicida e bactericida Kasumin
- 09 de Dezembro de 2008: Aplicação de fungicida e bactericida Kasumin, e adubação foliar a base de zinco e cobre
- 13 de Dezembro de 2008: Adubação com uréia e KCl
- 22 de Dezembro de 2008: 1ª Biometria (Avaliação dos índices de crescimento e desenvolvimento) 60 dias
- 23 de Dezembro de 2008: Aplicação de acaricida (Vertimec)
- 28 de Dezembro de 2008: Aplicação de fungicida ((folicur)
- 29 de Dezembro de 2008: Adubação com uréia e KCl
- 06 de Janeiro de 2009 : Aplicação de acaricida (Vertimec)
- 15 de Janeiro de 2009 : Aplicação de bactericida e fungicida Kasumin
- 17 de Janeiro de 2009 : Adubação com sulfato de amônia e KCl
- 23 de Janeiro de 2009 : 2ª Biometria (90 dias)
- 02 de Fevereiro de 2009: Adubação com Sulfato de Amônia e KCl
- 04 de Fevereiro de 2009: Aplicação de fungicida Folicur
- 17 de Fevereiro de 2009: Adubação com uréia e KCl
- 23 de Fevereiro de 2009: 3ª Biometria (120 dias)
- 04 de Março de 2009 : Adubação com uréia e KCl
- 07 de Março de 2009 : Aplicação de Decis (inseticida)
- 17 de Março de 2009 : Aplicação de Decis (inseticida)
- 21 de Março de 2009 : Adubação com uréia e KCl
- 24 de Março de 2009 : 4ª Biometria (150 dias)
- 05 de abril de 2009 : Adubação com uréia e KCl
- 23 de Abril de 2009 : 5ª Biometria (180 dias)
- 26 de Abril de 2009 : Poda drástica

### **Cronograma do Experimento (Segundo Ciclo)**

- 27 de Abril de 2009 : Fertilização com superfosfato triplo (150 kg/ha)
- 08 de Maio de 2009: Adubação com Uréia e KCl
- 20 de Maio de 2009 : Aplicação de inseticida (Decis)
- 23 de Maio de 2009 : 1ª Biometria (Avaliação dos índices de crescimento e desenvolvimento)  
30 dias
- 25 de Maio de 2009: Adubação com Uréia e KCl
- 27 de Maio de 2009: Aplicação de fungicida e bactericida Kasumin, e adubação foliar a base de zinco e cobre
- 07 de Junho de 2009: Aplicação de fungicida e bactericida Kasumin, e adubação foliar a base de zinco e cobre
- 09 de Junho e 2009: Adubação com Ureia e KCl
- 13 de Junho de 2009: Aplicação de acaricida Vertimec
- 22 de Junho de 2009: 1ª Biometria (Avaliação dos índices de crescimento e desenvolvimento)  
60 dias
- 23 de Junho de 2009: Aplicação de acaricida Vertimec
- 26 de Junho de 2009: Adubação com Ureia e KCl
- 27 de Junho de 2009: Aplicação de inseticida (Decis)
- 01 de Julho de 2009: Aplicação de fungicida Folicur
- 11 de Julho de 2009: Aplicação de acaricida Vertimec
- 13 de Julho de 2009: Adubação com Ureia e KCl
- 18 de Julho de 2009: Aplicação de fungicida Folicur
- 23 de Julho de 2009: 2ª Biometria (Avaliação dos índices de crescimento e desenvolvimento)  
90 dias
- 28 de Julho de 2009: Adubação com Sulfato de Amônia e KCl
- 29 de Julho de 2009: Aplicação de fungicida Folicur
- 13 de Agosto de 2009: Adubação com Sulfato de Amônia e KCl
- 24 de Agosto de 2009: 3ª Biometria (Avaliação dos índices de crescimento e desenvolvimento) 120 dias
- 29 de Agosto de 2009: Adubação com uréia e KCl
- 16 de Setembro de 2009: Adubação com uréia e KCl
- 23 de Setembro de 2009: 4ª Biometria (Avaliação dos índices de crescimento e desenvolvimento) 150 dias
- 01 de Outubro de 2009: Adubação com uréia e KCl
- 21 de Outubro de 2009: 5ª Biometria (Avaliação dos índices de crescimento e desenvolvimento) 180 dias
- 22 de Outubro de 2009: Colheita Final.