



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS  
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGIA E AGROPECUÁRIA  
COORDENAÇÃO DE GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA**

## **MONOGRAFIA**

**EFEITO DA ÁGUA DISPONÍVEL DO SOLO NAS VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO  
DA MAMONA**

**LEYGSON RIBEIRO ALVES**

**LAGOA SECA - PARAÍBA  
JULHO - 2012**

**LEYGSON RIBEIRO ALVES**

**EFEITO DA ÁGUA DISPONÍVEL DO SOLO NAS VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO  
DA MAMONA**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Agroecologia, do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual da Paraíba – Campus II, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Bacharel em Agroecologia.

**ORIENTADOR: Prof. DR. LEOBERTO DE ALCANTARA FORMIGA**

**LAGOA SECA – PB**

**Julho – 2012**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA SETORIAL DE LAGOA SECA – UEPB

A474e Alves, Leygson Ribeiro.

Efeito da água disponível do solo nas variáveis de crescimento da mamona / Leygson Ribeiro Alves. – Lagoa Seca, PB, 2013.

83 f.

Monografia (Graduação em Agroecologia) – Universidade Estadual da Paraíba, 2013.

Orientação: Prof. Dr. Leoberto de Alcantara Formiga, Agroecologia e agropecuária.

1. Água disponível do solo. 2. Mamona - *Ricinus communis* L. I. Título.

21. ed. CDD 633.85



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
 Centro de Ciências Agrárias e Ambientais  
 Departamento de Agroecologia e Agropecuária  
 Campus II – Lagoa Seca  
 Curso Bacharelado em Agroecologia

**RELATÓRIO DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

AOS 10 DIAS DO MÊS DE JULHO DO ANO 2012 AS 15:15 HORAS, NA SALA LABINFO, COM A PRESENÇA DE PROFESSORES(AS) PARTICIPANTES DA BANCA EXAMINADORA ABAIXO DISCRIMINADA, REALIZOU-SE A APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EFEITO DA ÁGUA DISPONÍVEL DO SOLO NAS VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO DA MAMONA

DESENVOLVIDO PELO(A) ALUNO(A) LEYGSON RIBEIRO ALVES

A APRESENTAÇÃO TRANSCORREU EM CONFORMIDADE COM AS NORMAS ESTABELECIDAS PELA RESOLUÇÃO/CONSEPE/32/2009. O(A) ALUNO(A) UTILIZOU 20 MINUTOS PARA A APRESENTAÇÃO E A BANCA EXAMINADORA UTILIZOU IGUAL TEMPO PARA AS DEVIDAS ARGUIÇÕES. AO TÉRMINO DA APRESENTAÇÃO, A BANCA SE REUNIU ISOLADAMENTE E EMITIU O PARECER ATRIBUINDO A NOTA 10,0 ( DEZ ) AO(A) ALUNO(A), QUE FOI DIVULGADA PELO(A) ORIENTADOR(A).

LAGOA SECA, 10 de JUNHO de 2012

ORIENTADOR(A) LEOBERTO DE ALCANTARA FORMIGA - RJ

EXAMINADOR(A) Suenildo José Costa Oliveira

EXAMINADOR(A) Manso Sérgio de Assunção

ALUNO(A) X LEYGSON RIBEIRO ALVES MATRÍCULA 081360347

Rim-1

COORDENADOR(A) DO TCC

*A meus familiares e amigos, que sempre acreditaram e me apoiaram nesta busca pelo conhecimento,*

*dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar com a sua presença em todos os momentos da minha vida.

Ao orientador Professor Doutor Leoberto de Alcantara Formiga, pelos ensinamentos, parceria e amizade.

Ao Professor Mario Sergio Araujo, diretor do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais – CCAA, Campus II da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, pela concessão do espaço físico e sua valiosa contribuição para a realização desta pesquisa e, aos colegas professores e funcionários do CCAA/DAA/EAAC, pela grande ajuda no desenvolvimento do trabalho.

À Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, na pessoa da Magnífica Reitora Professora Marlene Alves Sousa Luna e do Vice-Reitor Professor Aldo Bezerra Maciel pelo apoio recebido.

Aos colegas e aos grandes colaboradores para a execução desta monografia, Hugo Orlando Carvallo Guerra, Rogério Dantas de Lacerda, Genival Barros Júnior, José Everardo Barbosa, Adilson David de Barros, Thyago Augusto Medeiros Lira, Filipe Travassos Montenegro, Jean Pierre Cordeiro Ramos, Liana, Sandreli, Thierry, Sérgio, Débora Clementino dos Santos, Larissa Cavalcante, Flavio Rangel, Faed Ribeiro, Cristiana Maria, Cris Layne, Jean Pereira Guimarães e Vinicius Mota, que colaboraram ao longo de todo o trabalho.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande; ao pessoal técnico-administrativo do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do Departamento de Engenharia Agrícola, por sua contribuição na análise laboratorial dos dados de água, solo e planta.

Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

# **EFEITO DA ÁGUA DISPONÍVEL DO SOLO NAS VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO DA MAMONA**

## **RESUMO**

Neste trabalho foram estudados diferentes aspectos do manejo da cultura da mamona em condições de campo, visando à otimização do uso da água, e ao rendimento da mamona. A pesquisa foi desenvolvida no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais – CCAA, Campus II da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, localizado no Sítio Imbaúba, s/n, Zona Rural, Município de Lagoa Seca - PB, Microrregião de Campina Grande, Agreste Paraibano, com altitude média de 634 m, no período de outubro de 2008 a abril de 2009. O solo utilizado foi um franco-arenoso com baixo teor de matéria orgânica. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 4, constituído de dois cultivares de mamona (BRS 149 - Nordestina e o BRS 188 – Paraguaçu) e quatro níveis de água disponível no solo (40, 60, 80 e 100%), distribuídos em 3 blocos. A área útil de cada parcela experimental era de 100 m<sup>2</sup> na qual foram cultivadas 50 plantas, espaçadas 2m 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 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, a primeira aplicação ocorrendo 20 dias após o semeio. O experimento foi conduzido durante 180 dias. O conteúdo de água disponível do solo foi monitorado na frequência de dois dias, através de uma sonda de TDR segmentada. Os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa SISVAR – ESAL – Lavras, MG, através do qual foi feita a análise de variância (ANAVA), aplicando-se os Testes F e de Tukey para a comparação das médias dos tratamentos e análise de regressão para o fator quantitativo de água disponível. Avaliaram-se: altura, diâmetro do caule, área foliar e inflorescências: dias para emissão da 1ª inflorescência e sua respectiva altura e número total de inflorescências e fitomassa. Verificou-se que o aumento da disponibilidade hídrica no solo aumentou todos os índices de crescimento e/ou desenvolvimento das plantas, com incrementos substanciais na produtividade e na qualidade final do produto.

**Palavras-chave:** Água disponível do solo, Mamona - *Ricinus communis* L.

## **EFFECT OF SOIL WATER AVAILABLE IN THE VARIABLES OF CASTOR'S GROWTH**

### **ABSTRACT**

In this work were studied different aspects of management of culture of Castor in field conditions, aimed at optimizing the use of water, and the yield of Castor. The survey was developed in the center of Agrarian Sciences and environmental – CAAC, Campus II da Universidade Estadual da Paraíba – Imbaúba Site in UEPB, s/n, Rural area, part of the municipality of Lagoa Seca-PB, the Northeast region of Brazil, Agreste Paraibano, with average elevation of 634 m, in the period October 2008 to April 2009. The land used was a franco-Sandy with low organic matter content. The experimental design was randomized blocks in 4 x 2 factorial schema, consisting of two cultivars of Castor (BRS and BRS 149-Nordestina 188 – Paraguaçu) and four levels of water available in solo (40, 60, 80 and 100%), spread across 3 blocks. The floor area of each experimental plot of 100 m<sup>2</sup> in the era which were grown 50 plants, spaced 2 m x 1 m. . The soil was fertilized with triple superphosphate in Foundation in the amount of 120 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and in coverage of 100 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O and 100 kg ha<sup>-1</sup> of N, in the forms of potassium chloride and urea, installments in portions of 10 days every egalitarian, applied via fertirrigation, the first application occurring 20 days after the seed. The experiment was conducted during 180 days. The available water content of soil was monitored on the frequency of two days, through a segmented TDR probe. The data were analyzed statistically using the program – SISVAR – Lavras, MG ESAL, through which was made the analysis of variance (ANAVA), applying the F and Tukey Tests for comparing the averages of the treatments and regression analysis for the quantitative factor of water available. Evaluated: height, stem diameter, leaf area and inflorescences: days to issue the first inflorescence and its respective height and total number of inflorescences and phytomass. It was found that the increased availability of water in the soil increased all indices of growth and/or development of plants, with substantial increases in productivity and in the final quality of the product.

**Keywords:** Available soil water, Castor bean - *Ricinus communis* L.



## Lista de Figuras

Figura 1. Curva de retenção de água do solo.....	32
Figura 2. Croqui da área experimental com a disposição das parcelas .....	36
Figura 3. Croqui da parcela experimental .....	37
Figura 4. Altura da mamoneira em função da água disponível do solo .....	45
Figura 5. Diâmetro do caule em função da água disponível do solo.....	48
Figura 6. Área foliar da mamoneira em função da água disponível do solo .....	51
Figura 7. Fitomassa da parte aérea da mamoneira em função da água disponível do solo .....	54
Figura 8. Razão de área foliar da mamoneira em função da água disponível do solo .....	57
Figura 9. A) Número de dias para emissão da 1ª inflorescência e B) altura de emissão da 1ª inflorescência da mamoneira, em função da água disponível do solo.....	59
Figura 10. Número de inflorescências da mamoneira em função da água disponível do solo.....	61

## Lista de Tabelas

- Tabela 1 - Resumo das análises de variância referente à variável altura da planta dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo.....43
- Tabela 2 - Resumo das análises de variância referentes à variável diâmetro do caule dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo.....46
- Tabela 3 - Resumo das análises de variância referentes à variável área foliar dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo.....50
- Tabela 4 - Resumo das análises de variância referente à variável fitomassa da parte aérea dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo.....53
- Tabela 5 - Resumo das análises de variância referente à variável razão de área foliar dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo.....56
- Tabela 6 - Resumo das análises de variância referente ao número de dias para a emissão da primeira inflorescência, altura da primeira inflorescência e número total de inflorescências dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo .58

## **Lista de Quadros**

Quadro 1 – Características físico-hídricas do solo .....	31
Quadro 2 – Características químicas do solo (continua...) .....	32
Quadro 2 – Características químicas do solo (...continuação).....	33
Quadro 3 - Características da água de irrigação .....	34

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVO GERAL.....	15
2.1. Objetivos Específicos .....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1. A cultura da mamona.....	16
3.2. Cultivares.....	18
3.3. Necessidades hídricas da mamona.....	19
3.4. Manejo da cultura .....	23
3.5. Produção e produtividade da mamona.....	26
3.6. Importância econômica da mamona .....	27
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
4.1. Localização .....	30
4.2. Clima.....	30
4.3. Geologia.....	30
4.4. Solo .....	31
4.4.1. Características físico-hídricas do solo no intervalo de 0 – 40 cm de profundidade da superfície .....	31
4.4.2. Características químicas do solo.....	32
4.5. Qualidade da água de irrigação.....	33
4.6. Cultivares de mamona .....	33
4.7. Sistema de irrigação.....	35
4.8. Tratamentos e delineamento estatístico .....	35
4.9. Instalação e condução do experimento .....	37
4.10. Variáveis analisadas.....	39
4.10.1. Altura de planta (AP).....	39
4.10.2. Diâmetro do caule (DC).....	39
4.10.3. Área foliar (AF) .....	39
4.10.4. Fitomassa da parte aérea (FT).....	40
4.10.5. Razão de área foliar (RAF).....	40

4.10.6. Dias para emissão da 1ª inflorescência (DEI), altura de emissão da 1ª inflorescência (AEI) e número total de inflorescências emitidas (NIE) .....	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	42
5.1. Altura da planta.....	42
5.2. Diâmetro do caule .....	45
5.3. Área Foliar .....	49
5.4. Fitomassa da parte aérea .....	52
5.5. Razão de área foliar - RAF .....	55
5.6. Dias para emissão da 1ª inflorescência, altura da primeira inflorescência e número de inflorescências emitidas.....	58
6. CONCLUSÕES .....	62
7. REFERÊNCIAS .....	63
ANEXOS .....	78

## 1. INTRODUÇÃO

No Nordeste do Brasil, em especial no semiárido, a mamona tem-se mostrado promissora, devido à fácil adaptação ao clima da região (BELTRÃO et al., 2003b).

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma xerófila e heliófila, provavelmente originária da Ásia, explorada comercialmente entre as latitudes 52°N e 40°S. No Brasil, sua introdução se deu durante a colonização portuguesa, por ocasião da vinda dos escravos africanos (MAZZANI, 1983; WEISS, 1983; BELTRÃO et al., 2002).

A mamona possui boa capacidade de adaptação e é encontrada, no País, do Rio Grande do Sul até a Amazônia. Por se tratar de uma planta tolerante à seca e exigente em calor e luminosidade, está disseminada por quase todo o Nordeste, cujas condições climáticas são adequadas ao seu desenvolvimento, sendo a Bahia responsável por mais de 90% da produção nacional (BELTRÃO et al., 2002).

Atualmente, uma das principais aplicações da mamona diz respeito à obtenção do biodiesel, produto da reação do óleo de mamona com um álcool reagente, na presença de um agente catalisador. A produção da mamona é praticada, normalmente por pequenos produtores, em geral consorciada com outras culturas e se utilizando pouco agrotóxico, além de se adaptar perfeitamente às regiões semiáridas do Nordeste (SOUZA et al., 2010).

No que se refere ao seu potencial para a produção de biodiesel, a mamona é considerada excelente, devido ao alto teor de óleo, da ordem de 48 a 50% (CARNEIRO, 2003; SOUZA et al., 2010).

Apesar de considerada uma atividade de pequenos produtores, algumas ações do governo brasileiro vêm mudando este cenário. Através de estímulos para a cultura da mamona no Nordeste do Brasil, o governo pretende criar condições para o desenvolvimento da região. Nesta parte do Brasil há quase 4 milhões de ha com características edafoclimáticas apropriadas, em que se alcançaria o rendimento de até 1,5 t de sementes por hectare, enquanto a média anual é de apenas 750 kg. A meta de produção de biodiesel foi dimensionada com base na erradicação da miséria do Nordeste Brasileiro, ocupando dois milhões de famílias que convivem com a fome (FREITAS e FREDO, 2005; SOUZA et al., 2010).

A cultura carece de chuvas regulares durante a fase vegetativa e de períodos secos na maturação dos frutos (SEARA, 1989). Pluviosidade entre 600 e 700 mm proporcionam rendimentos superiores a 1.500 kg/ha (BELTRÃO e SILVA, 1999; WEISS, 1983).

De acordo com Barreto e Luz (2007), a mamoneira desponta entre as soluções viáveis de produção de matéria prima para o biodiesel, a partir de fitossistemas; a irrigação pode contribuir bastante para o agronegócio, aumentando o índice anual de uso da terra e, gerar renda no contexto da agricultura familiar e na empresarial. Para se desenvolver, crescer e produzir satisfatoriamente, a mamoneira necessita de suprimento hídrico nas suas fases fenológicas e manejo compatível com a sua capacidade de retirada de água da zona padrão de ocupação das raízes, evitando desperdício de água e saturação do perfil do solo na área de cultivo.

Segundo Beltrão et al. (2003a), vários são os cultivares de mamoneira disponíveis para o plantio em nosso país, variando em porte, deiscência dos frutos, tipo dos cachos e outras características. Para a agricultura familiar no Nordeste, recomenda-se o uso de cultivares de porte médio (1,7 a 2,0m) e de frutos semi-indeiscentes, como a BRS 149 - Nordestina e a BRS 188 - Paraguaçu, desenvolvidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA - em parceria com a Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola - EBDA apresentando, respectivamente, 48% e 47% de óleo, em média. São de boa rusticidade, boa capacidade de produção, média de 1.400 kg ha<sup>-1</sup> de baga em condições de cultivo de sequeiro.

## **2. OBJETIVO GERAL**

Avaliar o efeito de diferentes níveis de água disponível (AD) do solo no crescimento, desenvolvimento, produtividade e qualidade do produto final dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordeste e o BRS 188 – Paraguaçu, nas fases fenológicas da cultura.

### **2.1. Objetivos Específicos**

- Avaliar o efeito de diferentes níveis de água disponível do solo no desenvolvimento e produtividade dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordeste e o BRS 188 – Paraguaçu;
- Avaliar o efeito de diferentes níveis de água disponível do solo sobre a qualidade do produto final dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordeste e o BRS 188 – Paraguaçu;
- Estabelecer níveis mínimos de água disponível no solo que promovam produtividade e qualidade final do produto economicamente viável.



### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. A cultura da mamona

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa de relevante importância econômica e social, com inúmeras aplicações industriais, encontrada em estado nativo em várias regiões do Brasil. É uma euforbiácea rústica e heliófila de grande relevância para a economia desta região, por fixar mão-de-obra, evitando a evasão de divisas (RODRIGUES et al., 2002). Esta espécie, de ampla distribuição geográfica, teve origem, possivelmente, na antiga Abissínia, hoje Etiópia, e, devido à sua fácil propagação e adaptação a diferentes condições climáticas, disseminou-se para as mais variadas regiões do mundo (BELTRÃO et al., 2007a).

Por se tratar de uma espécie polimórfica, a mamoneira apresenta grande variação quanto ao hábito de crescimento, cor da folhagem e do caule, tamanho das sementes, conteúdo de óleo e coloração, e porte (altura das plantas), tornando-se planta perene, quando as condições do ambiente, especialmente a temperatura e a umidade relativa, o permitem (WEISS, 1983). Com relação ao porte das plantas, Gonçalves et al., (1981) classificaram a mamoneira em anã (altura da planta inferior a 1,80 m); média (altura de 1,80 m a 2,50 m) e alta (altura de 2,5 m a 5,0 m), tendo algumas variedades atingindo mais de 7,0 m de altura; sua altura é controlada por fatores genéticos e ambientais.

A mamoneira apresenta sistema radicular pivotante e raízes fistulosas, bastante ramificadas (WEISS, 1983). Nos tipos comerciais a raiz principal penetra até 3 m, podendo atingir até 6 m. Quando a umidade do solo é baixa durante longos períodos, a raiz principal tem penetração maior do que se estivesse num solo úmido (POPOVA e MOSHKIN, 1986). O caule apresenta presença de cera, rugosidade e nós bem definidos, com cicatrizes foliares proeminentes, é brilhante, tenro e suculento, quando a planta é nova e, à medida em que envelhece, torna-se lenhoso. O caule é geniculado, espesso e ramificado, terminando com a inflorescência, tipo racemo. A haste principal cresce verticalmente, sem ramificação, até o surgimento da primeira inflorescência, vulgarmente denominada cacho principal. Os ramos laterais se desenvolvem na axila da última folha, logo abaixo da inflorescência. As folhas, expansão laminar do caule, são simples, grandes, com largura do limbo que varia de 10 a 40

cm, podendo chegar a 60 cm. Do tipo digitolobadas, denticuladas e com pecíolos longos, com 20 a 50 cm de comprimento, apresentam filotaxia alternada do tipo 2/5 (duas folhas em cada cinco voltas de 360° no eixo do caule). 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, há sete lóbulos em cada folha, os quais podem apresentar cor verde ou avermelhada.

A mamoneira é uma planta monoica, com inflorescência do tipo panicular, 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 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 autógama.

A flor masculina, após a abertura, geralmente 2 a 3 horas antes do amanhecer; libera grãos de pólen viáveis por 1 a 2 dias; depois, a camada de abscisão é formada e cai. A condição ambiental mais favorável para a dispersão do pólen é de temperatura de 26°C a 29°C e umidade relativa do ar de 60%, podendo variar de acordo com a cultivar utilizada.

O botão floral feminino tem forma cônica estreita, possui pedúnculo geralmente não-articulado e cálice com cinco sépalas desiguais. O fruto da mamona, que é o ovário fecundado e desenvolvido, é uma cápsula que pode ser lisa ou com estrutura semelhante a espinhos, podendo ser deiscentes ou indeiscentes. 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 é o óvulo da flor, após a fertilização. É muito variável na mamoneira, envolvendo cor, forma, tamanho, peso, proporção do tegumento, presença ou ausência de carúncula e maior ou menor aderência do tegumento ao endosperma. O peso de 100 sementes varia de 10 a 100 g, ou seja, de 0,1 a 1,0 g por semente.

Atualmente, a mamoneira é encontrada em todo o território nacional possuindo os seguintes nomes: palma-christi, palma-de-cristo, mamona, mamoneira, carrapateira, rícino, bafureira e figueira do inferno, entre outros (RODRIGUES et al., 2002). No Nordeste a mamona encontra-se disseminada devido à sua tolerância ao calor e à luminosidade, condições favoráveis ao seu desenvolvimento, constituindo-se em grande potencial para a economia do semiárido brasileiro (BELTRÃO et al., 2007a; PARENTE, 2003).

### 3.2. Cultivares

Segundo Freitas et al. (2010), além do manejo da irrigação, as divergências genéticas entre as cultivares fazem com que elas respondam, de forma distinta, ao meio em que são cultivadas. Correia et al. (2006) obtiveram produtividades, em condições de sequeiro, de 1.021,70 e 899 kg ha<sup>-1</sup> para as cultivares BRS Paraguaçu e BRS Nordestina, respectivamente, nas mesmas condições de campo.

Costa et al. (2006) observaram, pesquisando em condições de sequeiro, a variabilidade genética e as características produtivas de diferentes genótipos de mamoneira, entre elas a BRS Paraguaçu e a Mirante 10, que a BRS Paraguaçu apresentou melhor desempenho que a Mirante em relação ao número de racemos por planta 9,9 e 8,4; comprimento do racemo 12,6 e 8 cm; produtividade 2.181,10 e 800 kg ha<sup>-1</sup> e teor de óleo das sementes 52,6 e 47,1%, respectivamente. Os autores afirmaram, ainda, que o único aspecto produtivo em que a Mirante 10 se destacou da BRS Paraguaçu, foi a precocidade.

O aumento do potencial produtivo da mamoneira está intimamente relacionado com o aumento de suas variáveis de produção, como número de racemos por planta, comprimento do racemo, frutos por racemo e massa das sementes (FREITAS et al., 2010; SOUZA et al., 2007; KOUTROUBAS et al., 2000).

Rodrigues et al. (2002), trabalhando com a cultivar BRS Paraguaçu, verificaram aumento significativo do comprimento do racemo, número de frutos e massa de 100 sementes com o incremento do nível de irrigação, enquanto Souza et al. (2007) constataram, trabalhando com a cultivar Mirante 10, aumento de 148% no número médio de racemos por planta quando da irrigação de suplementação comparada com a de sequeiro. Ainda segundo os autores, os racemos com menor número de frutos, menor comprimento e menor produção de grãos por planta foram registrados no cultivo de sequeiro.

Para a cadeia produtiva a mamoneira produz três importantes ordens de racemo denominados primários, secundários e terciários, em que sua contribuição relativa na produtividade total da cultura é influenciada pelas condições ambientais. De acordo com Koutroubas et al. (2000), em condições irrigadas, os racemos secundários são responsáveis pela maior parte do rendimento, como consequência da ampliação do ciclo da cultura, que favorece o surgimento de maior número de racemos.

Vários são os cultivares de mamoneira disponíveis para o plantio no Brasil, variando em porte, deiscência dos frutos, tipo dos cachos e outras características. Conforme a

EMBRAPA (2004), pesquisa com cultivares começou no Estado de São Paulo, em 1937, com trabalhos desenvolvidos pelo IAC – Instituto Agrônomo de Campinas. Com as seleções realizadas, o IAC lançou os cultivares IAC 38, Campinas, Guarani, IAC 80 e IAC 226. No Nordeste, para as condições edafoclimáticas do semiárido a EMBRAPA lançou os cultivares BRS-149 Nordestina e BRS-188 Paraguaçu. Trata-se de cultivares adaptadas para a cultura familiar no Nordeste, pois apresentam frutos semideiscentes, que não liberam totalmente as sementes após maduros, facilitando a colheita manual.

### **3.3. Necessidades hídricas da mamona**

O suprimento de água para uma cultura resulta de interações que se estabelecem ao longo do sistema solo - planta - atmosfera. As influências recíprocas entre esses componentes básicos tornam o sistema dinâmico e fortemente interligado, de tal forma que a condição hídrica da cultura dependerá sempre da combinação desses três segmentos. Na medida em que o solo seca, torna-se mais difícil, às plantas, absorver água, porque aumenta a força de retenção e diminui a disponibilidade de água no solo às plantas. Entretanto, quanto maior for a demanda evaporativa da atmosfera, mais elevada será a necessidade de fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera (SANTOS e CARLESSO, 1998).

As respostas das plantas ao déficit hídrico são caracterizadas por mudanças fundamentais na relação da célula com a água, nos seus processos fisiológicos, na estrutura de membranas e das organelas celulares, além das mudanças morfológicas e fenológicas da planta (TAIZ e ZEIGER, 2004; LARCHER, 2006). Segundo Medrano et al. (2002), o fechamento dos estômatos não é controlado apenas pela disponibilidade hídrica no solo mas também pela complexa interação dos fatores internos (Ácido abscísico), condutividade do xilema, *status* hídrico foliar e externos (disponibilidade hídrica nas folhas). A tolerância ao estresse hídrico ocorre em quase todas as plantas mas sua extensão varia de espécie para espécie e mesmo dentro de cada espécie.

De acordo com Santos e Carlesso (1998), quando a ocorrência do déficit hídrico é rápida os mecanismos morfofisiológicos são severamente afetados e a planta necessita adaptar-se à nova situação, de forma rápida. Plantas conduzidas em condições de irrigação normalmente apresentam menos resistência a situações de déficit hídrico no solo; já as plantas

submetidas ao déficit hídrico gradual ou à deficiência de água no solo no início do seu ciclo, mais facilmente se adaptam. A tolerância da planta ao déficit hídrico parece ser um importante mecanismo de resistência para a manutenção do processo produtivo em condições de baixa disponibilidade de água às plantas (CARVALHO, 2010).

O estresse hídrico reduz o tamanho da folha, a extensão do caule e a proliferação de raiz, altera as relações hídricas das plantas e reduz a eficiência do uso da água. As plantas exibem uma variedade de respostas fisiológicas e bioquímicas ao estresse hídrico tanto a nível celular como a nível de organismo, como um todo. A assimilação de CO<sub>2</sub> pelas folhas é reduzida, sobretudo pelo fechamento dos estômatos, ocorrem danos de membrana e redução da atividade enzimática, em especial as de fixação de CO<sub>2</sub> e a síntese de ATP. As espécies reativas de oxigênio (ROS) causam prejuízos às macromoléculas, sendo um dos principais obstáculos para o crescimento (FAROOQ et al., 2009).

O estresse hídrico inibe mais o alongamento celular do que a divisão. O déficit hídrico reduz o crescimento das plantas, afetando vários processos fisiológicos e bioquímicos, como fotossíntese, respiração, translocação, a absorção de íons, carboidratos, metabolismo de nutrientes e fatores de crescimento (JALEEL et al., 2008). Nas plantas, uma compreensão melhor das características morfoanatômicas e da base fisiológica das mudanças na resistência ao estresse de água poderia ser utilizada para selecionar ou criar novas variedades de culturas, para se obter, então, melhor produtividade sob condições de deficiência hídrica (NAM et al., 2001).

A eficiência do uso da água permite avaliar os efeitos do manejo da água, do solo e da planta sobre o consumo de água e produção da planta (MEDEIROS et al., 2003). Práticas agrícolas e técnicas conservacionistas do uso da água na agricultura irrigada assumem, portanto, importância, considerável, seja para economizar os recursos hídricos ou para otimizar a eficiência do seu uso (MEDEIROS, 2002).

A variável eficiência intrínseca do uso da água, quando analisada durante e após períodos de estresse hídrico, informa sobre os critérios para a utilização do déficit de irrigação regulado (ROMERO e BOTÍA, 2006).

Descobriu-se que não é apenas a produção de fitomassa que é linearmente relacionada à transpiração mas o rendimento de muitas culturas também é linearmente relacionado com a evapotranspiração. Em particular, muitas culturas têm sensibilidades diferentes para o estresse hídrico em vários estádios de desenvolvimento e a técnica do déficit de irrigação deve ser projetada para gerenciar o estresse, de forma que a queda de rendimento seja minimizada. No entanto, quando o declínio do rendimento, em termos relativos, é inferior à diminuição da

evapotranspiração, o déficit aumenta em relação à irrigação plena (FERERES e SORIANO, 2007). O déficit de irrigação pode ajudar a lidar com situações em que a oferta de água é restrita.

A deficiência hídrica provoca alterações no comportamento vegetal cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (SANTOS e CARLESSO, 1998). De acordo com Levitt (1980), no entendimento das respostas das plantas ao déficit hídrico é de fundamental importância se quantificar a capacidade de armazenamento de água no solo e analisar a influência dos mecanismos de adaptação das plantas à redução da disponibilidade de água no solo pois, de acordo com Kiehl (1985), a quantidade de água armazenada no solo disponível às plantas varia com a textura e as características físicas do solo, levando a planta a apresentar diferentes respostas em seus mecanismos de resistência morfofisiológicos.

A maior exigência de água no solo ocorre no início da fase vegetativa produzindo, com viabilidade econômica, em áreas onde a precipitação é mínima, até o início da floração, esteja entre 400 e 500 mm (BAHIA, 1995; TÁVORA, 1982). Azevedo et al. (1997) obtiveram desenvolvimento satisfatório da lavoura conseguindo plantas bem estabelecidas e produtivas, quando ocorreram precipitações de 215 a 270 mm nos primeiros setenta dias após a germinação, durante dois anos, no município de Monteiro, PB, cuja precipitação média anual é de 620 mm, comprovando as informações de boas produtividades obtidas na África do Sul, com precipitações pluviais de 375 a 500 mm (WEISS, 1983).

O excesso de água no solo é fator prejudicial ao desenvolvimento da mamoneira, causando danos consideráveis à fisiologia e à produtividade da cultura; Beltrão et al. (2003c) verificaram, em trabalhos realizados com a cultivar BRS 149 - Nordeste, redução de 26 % na área foliar de plantas na fase inicial de crescimento, quando submetidas a estresse hídrico por excesso de água no solo, com conseqüente redução linear da fotossíntese líquida, comparando-as com plantas mantidas no solo em capacidade de campo. Moraes e Severino (2004), submetendo plantas com 30 dias de sementeiras à saturação do solo por 2 dias, constataram redução no crescimento em altura e diâmetro do caule, tal como no peso das raízes e no desenvolvimento das estruturas produtivas, com as plantas voltando a crescer, de forma lenta, após a drenagem do excesso de água.

Segundo Curi e Campelo Júnior (2004), as pesquisas sobre irrigação contam com diversas técnicas fornecedoras de informações sobre o sistema solo-planta-clima-atmosfera, como a evapotranspiração, fornecendo informações da quantidade de água consumida pelas plantas, apresentando dados para o manejo da água e para o dimensionamento dos sistemas de

irrigação. A FAO, nas últimas décadas, tem reiteradamente recomendado a realização de pesquisas locais para determinar a demanda hídrica das culturas, sobremaneira para estimar e medir a evapotranspiração, de vez que a escolha de determinado método de determinação deve ser procedida por uma calibração local.

As propriedades físicas do solo, tais como a estrutura, estabilidade dos agregados, dispersão das partículas, permeabilidade e infiltração, são de extrema importância na disponibilidade final de água para as culturas. Fator fundamental na produção de alimentos, a água se tem tornado um recurso extremamente disputado em todo o mundo. A prática da irrigação é, em muitas situações, a única maneira de garantir a produção agrícola segura, principalmente em regiões de clima quente e seco, como é o caso do semiárido brasileiro, onde ocorre déficit hídrico durante a maior parte do ano (SHAINBERG e OSTER, 1978; BARROS JÚNIOR, 2007).

A identificação de regiões com condições edafoclimáticas que permitam as culturas externarem potencial genético em termos de produtividade e qualidade dos produtos, é prática imprescindível para o sucesso da agricultura. Através de estudos que relacionam a interação solo-planta-clima, é possível definir áreas que apresentem aptidão para a exploração agrícola das plantas viabilizando, agrônômica e economicamente, esta atividade (AMORIM NETO et al., 1997).

Barros Júnior et al. (2004), observaram que plantas de mamona mantidas a níveis de 40 e 60% da disponibilidade de água no solo para as plantas, apresentaram crescimento insignificante, praticamente paralisado ao longo do ciclo da cultura; já as plantas cujo solo em que foram cultivadas permaneceu mantido com 80 e 100 % de água disponível, apresentaram crescimento acentuado. As plantas mantidas na capacidade de campo (100% AD) apresentaram altura média bem superior às de 80 % AD, com a variedade Nordestina praticamente dobrando a altura e a Paraguaçu apresentando um índice 71 % acima, o que evidência a sensibilidade das cultivares à situação de estresse hídrico a que foram submetidas.

Barros Júnior (2007) observou, ainda, que reduções no conteúdo de água do solo influenciaram na produção da mamoneira, tanto quantitativa quanto qualitativamente, diminuindo a quantidade de bagas e os teores de óleo e proteína nas sementes; porém, quando não submetidas ao estresse hídrico, esses cultivares são eficientes na transformação da água consumida em matéria seca.

Em regiões que apresentam totais de precipitação inferiores a 500 mm no período chuvoso, necessários para atender à demanda da cultura, a mamoneira perde grande parte da sua produção econômica acentuando-se os riscos de perda total de safras e/ou a obtenção de

rendimentos muito baixos. A faixa ideal de precipitação para produção da mamona varia entre 750 a 1500 mm, com o plantio ajustado de maneira que a planta receba de 400 a 500 mm até o início da floração (TÁVORA, 1982).

O crescimento, desenvolvimento e a produção da mamona, são plenamente satisfeitos mediante um suprimento hídrico diferenciado para suas diversas fases fenológicas. Pesquisas realizadas pela Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola - EBDA e pela EMBRAPA - CNPA, concluíram 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 em condições de sequeiro a 5.000 kg ha<sup>-1</sup> em condições irrigadas (CARVALHO, 2005).

A mamona é considerada tolerante à seca devido, provavelmente ao sistema radicular bem desenvolvido. Não é recomendada sua semeadura em solos rasos, pois o rendimento é limitado. O período de maior demanda de água fica compreendido entre a brotação e a floração, em que são requeridos pelo menos 400 mm (TÁVORA, 1982). A falta de água nessa última fase compromete a formação de frutos.

A mamona pode atingir rendimento superior a 1500 kg ha<sup>-1</sup> em zonas com precipitação pluvial acumulada maior que 700 mm (BELTRÃO e SILVA, 1999; WEISS, 1983). No Semiárido Brasileiro tem-se alcançado produtividades de 500 kg ha<sup>-1</sup>, sem uso de irrigação.

### **3.4. Manejo da cultura**

A mamoneira (*Ricinus communis* L.), por apresentar capacidade de produzir satisfatoriamente sob condições de baixa precipitação, é uma alternativa de grande importância para o semiárido brasileiro. Em muitas situações, a irrigação é a única maneira de garantir a produção, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, predominante no Nordeste Brasileiro (CAVALCANTI et al., 2004).

A irrigação torna-se fator imprescindível em países possuidores de regiões áridas e semiáridas. Em função disso, o desenvolvimento da economia desses países está altamente correlacionado com a eficiência na utilização dos recursos que participam desta atividade. Neste contexto, a eficiência no manejo de água de irrigação oferece um relacionamento crítico e fundamental. Uma agricultura irrigada, com boa eficiência, implica na utilização de métodos



e procedimentos no uso da água cuja adequabilidade responde positivamente às condições do meio ambiente (SALINAS, 1980).

O manejo de irrigação é o processo que decide quando irrigar as culturas e quanto aplicar de água. Este é o único meio para otimizar a produção agrícola e conservar a água, além de ser a chave para melhorar o desempenho e a sustentabilidade de sistemas de irrigação. Para isto, é necessário ter bons conhecimentos do requerimento de água das culturas e das características físico-hídricas do solo, para determinar quando irrigar e estabelecer, com certo de grau de exatidão, a água a aplicar (ALBUQUERQUE e ANDRADE, 2000).

No Brasil, as áreas irrigadas com mamona são poucas, com alguns registros na Bahia, no Rio Grande do Sul e no Maranhão, obtendo mais de 6,0 t de baga ha<sup>-1</sup>. No uso da irrigação na ricinocultura este fato somente se justifica utilizando-se elevada tecnologia para se tirar o máximo possível de produtividade, com elevado teor de óleo de boa qualidade (BELTRÃO, 2004).

Barros Junior (2007), analisando a sensibilidade da cultura da mamona a diferentes níveis de água armazenados, concluiu que os parâmetros de crescimento se correlacionaram de forma positiva e direta, com o teor de água do solo. Estudos posteriores do mesmo autor sobre o consumo e a eficiência do uso da água para dois cultivares de mamona (BRS-149 e BRS-188), submetidos a diferentes conteúdos de água no solo (40, 60, 80 e 100% de água disponível no solo), analisando a fitomassa, o consumo de água e a eficiência do uso pelas plantas, deixou evidente que ambas as cultivares mostraram comportamento similar ao das plantas conduzidas sem déficit hídrico, apresentando alta produção de fitomassa, o que indica elevada eficiência na transformação da água consumida em matéria seca (BARROS JUNIOR et al. 2008).

Dias et al. (2006), avaliando os efeitos de diferentes quantidades de água de irrigação e densidades de plantas sobre alguns componentes de produção da mamoneira, cultivar CSRN-142, desenvolveram um experimento nas condições edafoclimáticas da região do Cariri Cearense, visando estabelecer um manejo de água adequado para a cultura, combinando quatro quantidades de água de irrigação (294,22 mm; 382,50 mm; 478,75 mm e 678,75 mm) com quatro variações de densidade entre plantas (0,60 x 0,32 m; 0,60 x 0,37 m, 0,60 x 0,42 m e 0,60 x 0,47 gerando, assim, densidades diferenciadas). O rendimento da mamoneira no primeiro cacho para as quantidades de água das densidades das plantas a 478,75 e 382,50 mm, foram superiores aos de 672,75 e 294,22 mm, não sofrendo influência das densidades das plantas. O rendimento do segundo cacho foi fortemente desfavorecido nas duas menores

quantidades de água aplicadas 382,50 e 294 mm, respectivamente, refletindo no rendimento total, onde apenas 294,22 mm foi significativamente inferior as demais.

Sousa et al. (2008) determinaram, avaliando o uso da água pela cultura da mamoneira, cultivar “BRS ENERGIA”, irrigada por gotejamento, no município de Mossoró, RN, com diferentes lâminas de irrigação (0,6; 0,8; 1,0; 1,2; e 1,4 da ETc) e diferentes densidades entre plantas (1,50 m x 0,30 m x 0,30 m e 1,50 m x 0,30 m x 0,40 m), a eficiência do uso da água para cada nível de irrigação através da relação entre o peso total de frutos (kg) e o consumo de água (m<sup>3</sup>) durante o ciclo da cultura. Houve decréscimo na eficiência com o incremento na lâmina aplicada sendo o maior valor correspondente a 0,72 kg m<sup>-3</sup>, alcançado com o regime de 60% da ETc (3.043,91 kg ha<sup>-1</sup>).

Silva et al. (2008) estudaram o comportamento da mamoneira cultivar BRS ENERGIA com quatro lâminas de irrigação (L1 – 294,22; L2 – 382,50; L3 – 479,75 e L4 – 679,75 mm) e quatro populações de plantas/ha: P1 (0,60 m x 0,47 m = 35.460), P2 (0,60 m x 0,42 m = 39.682), P3 (0,60 m x 0,37 m = 45.040) e P4 (0,60 m x 0,32 m = 52.083), em um experimento em campo com variáveis: peso dos frutos na parcela para os 1º e 2º cachos e peso total de frutos na parcela. As plantas do cultivar BRS Energia se ajustaram melhor à lâmina de irrigação aplicada de 479,75 mm e à população de 35.460 plantas ha<sup>-1</sup>.

Para crescer, desenvolver e produzir satisfatoriamente, a mamoneira necessita de suprimento hídrico diferenciado nas suas fases fenológicas, o que requer manejo compatível com sua capacidade de retirada de água do solo; desta forma, o manejo e a qualidade da água da irrigação podem implicar em redução ou aumento da produtividade para a mamoneira. O uso da irrigação na agricultura encarece a cadeia produtiva e, para que se justifique tal uso, tornam-se oportunas altas produtividades, para o que torna se imprescindível o uso de cultivares que melhor respondam à disponibilidade hídrica, bem como o manejo hídrico mais adequado, que trará maiores produtividades com menores custos, de forma sustentável (FREITAS et al., 2010).

A mamoneira é bem adaptada à região semiárida por ser capaz de produzir satisfatoriamente sob pouca disponibilidade de água (tolerância à seca), mas também por não ter uma fase crítica na qual a falta d’água possa causar perda total da produção. No entanto, a resistência à seca da mamoneira não significa que sua produção não seja influenciada pela quantidade de água disponível no solo (BARRETO et al., 2010).

Em pequenas áreas de cultivo em que predomina o uso de mão-de-obra familiar e onde a mamoneira de portes médio e alto é consorciada com culturas alimentares, como o feijão e o

milho, e que não sejam favoráveis à ocorrência de doenças, como podridão-de-*Macrophomina* e podridão-de-*Botryodiplodia*, recomenda-se a poda seca (AZEVEDO et al., 2007).

### 3.5. Produção e produtividade da mamona

Segundo Madail et al. (2006), o Brasil deteve, durante os anos de 1978 a 1982, o título de maior produtor mundial de mamona em baga; a partir de 1983 a produção indiana e a chinesa começaram sua trajetória ascendente, tornando-se os maiores produtores mundiais. A participação desses países no total mundial variou de 55,51%, na média de 1983 a 1987, para 86,48%, na média de 2003 a 2004.

Com relação à produção brasileira de mamona em bagas observa-se, ao longo dos anos, uma flutuação acentuada; mesmo quando o Brasil era o maior produtor exportador mundial de óleo de mamona nas décadas de 70 e 80, a produção nunca foi estável. Santos et al., (2007) citam que entre os vários motivos que poderiam explicar esta situação, se incluem os seguintes:

- Desorganização e inadequação do sistema de produção: uso de sementes impróprias; dificuldade de obtenção e falta de sementes melhoradas; emprego de práticas culturais inadequadas etc;
- Desorganização do mercado interno: poucos agentes atuam na comercialização e é igualmente restrito o número de compradores;
- Baixos preços pagos aos produtores;
- Problemas com a oferta de crédito e assistência técnica;
- Nos locais de cultivo, ausência de práticas de rotação de culturas.

Silva (2009), constatou, observando os dados sobre a área produzida com mamona no Nordeste antes e depois da implantação do PNPB, que não houve aumento significativo na área plantada nem na sua produção.

Ocorreu um período de retomada do cultivo da mamona a partir de 2003, com um pico de produção em 2005, em função do lançamento de diversos programas governamentais que visavam estimular o plantio da mamona. O crescimento da área cultivada dobrou em

praticamente todas as áreas produtoras de mamona. O excesso de oferta fez os preços despencarem, os preços mínimos estabelecidos pelo governo não foram mantidos, os agricultores acumularam dívidas e reduziram o plantio no ano seguinte (CONAB, 2007).

Apesar de concentrar mais de 90% da produção brasileira de mamona, os índices de produtividade no Nordeste brasileiro são os mais baixos do país. O estado da Bahia, apesar da tradição no cultivo e de ser o terceiro produtor mundial de mamona, apresenta baixa produtividade, inclusive em comparação com outros estados do Nordeste (SILVA, 2009).

O atual cenário nacional é positivo para a ricinocultura, especialmente porque possibilita uma opção de renda extra para a agricultura familiar nordestina e lhe oferece a possibilidade de receber mais pelo seu produto, devido à concorrência entre o mercado de biodiesel e a ricinoquímica (SILVA, 2009).

No período de 1998 a 2009, ocorreu expansão na área plantada com mamona no Brasil e um ganho importante em termos de rendimento médio por hectare. Santos et al. (2007) justificam essa expansão como resposta ao lançamento de diversos programas governamentais de apoio e incentivo à produção de oleaginosas para biodiesel no País.

Isto repercutiu também nas importações brasileiras, que sofreram sensível decréscimo na década de 90 e na participação das indústrias internas no mercado exportador de óleo de mamona. O Brasil está aumentando as exportações de derivados do óleo refinado e, com isto, as indústrias vendem produtos de maior valor agregado como, por exemplo, o óleo de mamona hidrogenado (SANTOS et al., 2007).

Os estados do Nordeste que mais se destacam são a Bahia e o Ceará; o primeiro, pelos níveis de produção, e o segundo pelos índices de produtividade. Na Bahia a produção de mamona está concentrada na região de Irecê.

### **3.6. Importância econômica da mamona**

A importância econômica do óleo de mamona é evidenciada através da larga aplicação industrial; da industrialização da semente obtém-se, como produto principal, o óleo de rícino, que contém 90% de ácido ricinoleico e serve de matéria prima em diversas aplicações industriais: têxtil, papéis, química, borracha e plásticos, fármacos, eletroeletrônicos e telecomunicações, tintas, adesivos e lubrificantes (SANTOS et al., 2007; GONÇALVES et

al., 2005), na biomedicina (utilizando derivados do óleo no processo de reparação óssea) (LAUREANO FILHO, 2007; BOLSON et al., 2005; FRAZILIO et al., 2006) e na produção de biocombustíveis (CHIERICE e CLARO NETO, 2007).

A torta de rícino (composto orgânico), com altos teores de nitrogênio (4,60 %), fósforo (3,0 %) e potássio (0,96 %), pode ser usada como fertilizante na agricultura (COSTA et al., 2004). A torta também possui alto teor de proteína (32 a 40 %) porém, devido aos componentes tóxicos - ricina (1,50 %); ricinina (alcaloide – 0,23 %) e alergênicos (0,09 a 4,20%) - sua utilização na alimentação animal só é possível após passar por processo de desintoxicação complexo e, muitas vezes, caro. Por este motivo muitas empresas preferem vender a torta apenas como fertilizante (SAVY FILHO, 2005).

Além das sementes as folhas também são usadas popularmente como antimicrobianas; acaricidas; filaricidas; moluscicidas; antivirais; hipoglicemiante e como diurético. Entretanto, poucas pesquisas foram realizadas objetivando comprovar tais utilidades (RODRIGUES et al., 2002).

Em termos quantitativos seu maior uso é na fabricação de biodiesel, em virtude de ser o único óleo solúvel em álcool; não necessitar de calor e consequente gasto de energia para se transformar em combustível e por ter 30% a mais de lubrificidade que os outros óleos, podendo reduzir a emissão de diversos gases causadores do efeito estufa, a exemplo do gás carbônico e do enxofre (BELTRÃO, 2003a).

A possibilidade de produzir biodiesel a partir do óleo de mamona levou o governo federal a indicar a cultura da mamona como primeira escolha para desenvolvimento de projetos relacionados com a agricultura familiar e programas de produção de biodiesel (TEIXEIRA, 2005).

Com base no artigo 2º da Lei nº 11.097/2005, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) antecipou a obrigatoriedade da adição de 2 % (BRASIL, 2008a) de biodiesel ao diesel mineral comercializado em todo o Brasil, para 1º de janeiro e 3 % (BRASIL, 2008b) para 1º de julho de 2008. O Ministério de Minas e Energia antecipou, de 2013 para 2010, a obrigatoriedade da comercialização do B5 (diesel composto por 5% de biodiesel e 95% de petrodiesel) (CASTRO, 2011). A adição desses percentuais de biodiesel determina um aumento significativo na demanda interna de B100. Com base no consumo brasileiro atual de diesel de petróleo, a viabilização do B3 e do B5 só será possível se houver disponibilidade de 1,3 bilhão e 2,4 bilhões de B100, respectivamente (ANP, 2008).

Essas antecipações são uma tentativa de trazer maior equilíbrio ao mercado do biodiesel. A antecipação do B3, por exemplo, é uma medida para fortalecer o mercado que,

atualmente, está sofrendo com a enorme capacidade de produção estagnada, paralisando investimentos ou com dificuldade de cumprir os prazos para a entrega do produto (UDOP, 2008). Apesar de a capacidade instalada de produção de biodiesel superior, teoricamente, a quantidade atual demandada, a produção não tem atendido aos volumes arrematados nos leilões de biodiesel: contratados no período de 2005 a 2007, apenas 42% foram entregues e em 2008 já existia um déficit de 65 mil m<sup>3</sup>; em agosto de 2008 apenas 68,3% do que foi contratado foram entregues e dos 100 mil m<sup>3</sup> referentes aos direitos de compra adquiridos pela Petrobrás para estoque emergencial, apenas 53 mil m<sup>3</sup> foram entregues (GARCIA, 2007).

Segundo Silva (2009), a importância da mamona excede o campo econômico, apresentando também relevante papel social e ambiental; ela apresenta um grande potencial, não apenas como produtora de matéria prima para biodiesel mas também como cultura promotora de inclusão social e sustentabilidade ambiental.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Localização**

O experimento foi realizado em condições de campo, numa área experimental do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais – CCAA, Campus II, da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, localizado no Sítio Imbaúba, Zona Rural, Município de Lagoa Seca, PB, microrregião de Campina Grande, Agreste Paraibano, no período de outubro de 2008 a abril de 2009. Situa-se a uma altitude média de 634 m e nas coordenadas geográficas: 7° 15' 18" S e 35° 52' 28" W.

### **4.2. Clima**

O clima da área, segundo a classificação de Köppen, é do tipo As' (tropical úmido) com estação seca transladada do inverno para o outono, com temperatura variando entre 22 a 26°C durante o ano. O período de maiores chuvas está concentrado entre os meses de abril a julho, com precipitação pluviométrica anual média de 800 mm e umidade relativa do ar em torno de 80 %. Os dados climáticos da área durante o período experimental são apresentados no Anexo I.

### **4.3. Geologia**

O material originário dos solos pertence ao período Pré-Cambriano (CD), sendo representado, na sua maioria, por gnaisses e migmatitos; essas rochas metamórficas são mais disseminadas no Estado, ocorrendo associadas com micaxistos e granitos. O relevo predominante é suave ondulado.

#### 4.4. Solo

A unidade de solo que ocorre na área é o NEOSSOLO REGOLÍTICO EUTRÓFICO, constituído por material mineral e por material orgânico pouco espesso, com pequena expressão dos processos pedogenéticos. Apresenta textura franco-arenosa.

##### 4.4.1. Características físico-hídricas do solo no intervalo de 0 – 40 cm de profundidade da superfície

Tem-se, no Quadro 1, as características físicas do solo da área na profundidade de 0 a 40 cm, em intervalos de 20 em 20 cm, a partir da superfície do solo. Foram utilizadas amostras compostas e a metodologia utilizada foi a recomendada pela EMBRAPA (1977).

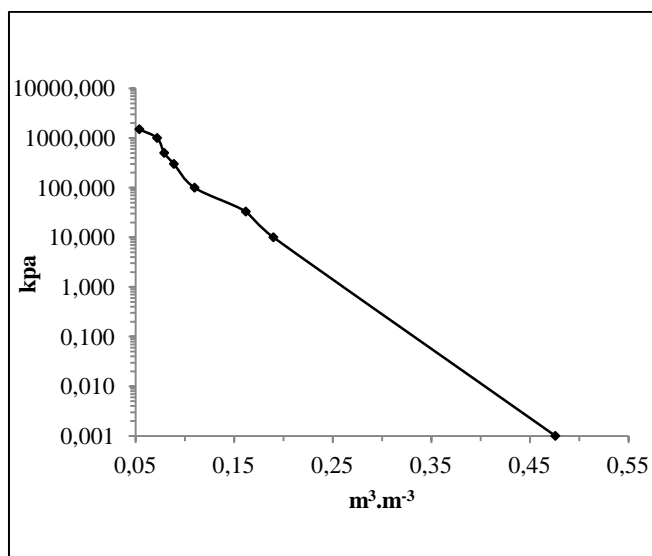
A curva de retenção da água do solo foi obtida com o extrator de Richards (1965), obtendo-se o conteúdo de umidade volumétrico  $\Theta$  ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ), para tensões de 0, 10, 33, 100, 300, 500, 1.000 e 1.500 Kpa, ajustando-se a curva de acordo com a metodologia proposta por Van Genuchten (LIBARDI, 2000), processada através do software SWRC (Soil Water Retention Curve versão Beta 3.0) (Figura 3).

Quadro 1 – Características físico-hídricas do solo

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Argila ( $\text{g kg}^{-1}$ )	113,9
Silte ( $\text{g kg}^{-1}$ )	114,5
Areia ( $\text{g kg}^{-1}$ )	771,6
Classificação Textural*	Franco-arenoso
Densidade	1,34
Densidade das partículas	2,65
Porosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	0,4943
Capacidade de Campo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	0,1942
Ponto de Murcha Permanente ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	0,0896
Água disponível ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	0,1046

\* Classificação segundo normas do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA)





**Figura 1.** Curva de retenção de água do solo

#### 4.4.2. Características químicas do solo

Para determinar as características químicas do solo, utilizaram-se as amostras compostas na profundidade de 0 a 40 cm, em intervalos de 20 em 20 cm, a partir da superfície do solo e conduzidas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG (LIS), onde foram analisadas com a metodologia proposta pela EMBRAPA (1977) (Quadro 2).

Quadro 2 – Características químicas do solo (continua...)

Característica	Resultado
Cálcio ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )	3,07
Magnésio ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )	2,44
Sódio ( $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ )	0,03
Potássio ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )	0,16
Soma de Bases	5,71
Hidrogênio ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )	1,50
Alumínio ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )	0,13
CTC ( $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ )	7,34
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausência
Carbono Orgânico ( $\text{g kg}^{-1}$ )	2,90
Matéria Orgânica ( $\text{g kg}^{-1}$ )	4,93
Nitrogênio ( $\text{g kg}^{-1}$ )	0,29
Fósforo Assimilável ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	54,03
pH em água (1:2,5)	6,55
Condutividade Elétrica ( $\text{mmhos cm}^{-1}$ )	0,12

Quadro 2 – Características químicas do solo (...continuação)

<b>Extrato de saturação</b>	
pH	6,26
Condutividade Elétrica (mmhos $\text{cm}^{-1}$ )	0,45
Cloreto ( $\text{mmol}_c \cdot \text{l}^{-1}$ )	27,50
Carbonato ( $\text{mmol}_c \cdot \text{l}^{-1}$ )	0,00
Bicarbonato ( $\text{mmol}_c \cdot \text{l}^{-1}$ )	18,00
Sulfatos ( $\text{mmol}_c \cdot \text{l}^{-1}$ )	Ausência
Cálcio ( $\text{mmol}_c \cdot \text{l}^{-1}$ )	7,07
Magnésio ( $\text{mmol}_c \cdot \text{l}^{-1}$ )	16,67
Potássio ( $\text{mmol}_c \cdot \text{l}^{-1}$ )	4,07
Sódio ( $\text{mmol}_c \cdot \text{l}^{-1}$ )	17,30
Porcentagem de Saturação	22,66
Relação de Adsorção de sódio	1,63
Porcentagem de Sódio Trocável	0,41
Classificação de Salinidade	Não Salino
Classe de Solo	Normal

#### 4.5. Qualidade da água de irrigação

A água utilizada para irrigação foi analisada quimicamente no Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG (LIS), de acordo com a metodologia proposta pela EMBRAPA (1977). A fonte de água para irrigação foi a do açude existente no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da UEPB, onde se realizou a análise química da água, como demonstrado no Quadro 3.

#### 4.6. Cultivares de mamona

Os cultivares estudados foram o BRS 149 - Nordestina e o BRS 188 – Paraguaçu; as plantas do cultivar BRS 149 - Nordestina têm altura média de 1,90 m, caule de coloração verde com cerosidade, racemo cônico, frutos semideiscentes 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 1.500 kg/ha em condições de sequeiro no semiárido brasileiro, 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, 2004). O cultivar BRS 149 - Nordeste neste ensaio foi identificado como N.

Quadro 3 - Características da água de irrigação

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
pH	7,32
Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	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	C3

As plantas do cultivar BRS 188 - Paraguaçu têm altura média de 1,60 m, caule de coloração roxa com cerosidade, racemo oval, frutos semideiscentes e sementes de coloração preta. O período entre a emergência da plântula e a floração do primeiro racemo é 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 similar ao BRS 149 - Nordeste (EMBRAPA, 2004). O cultivar BRS 188 - Paraguaçu neste ensaio foi identificado como P.

#### 4.7. Sistema de irrigação

A área foi irrigada através de um sistema localizado por gotejamento e as necessidades hídricas diárias da cultura foram determinadas através do balanço de água no solo obtido por medições em intervalos de dois dias, utilizando-se a técnica de reflectometria no domínio do tempo - TDR.

O experimento foi conduzido em uma área de 0,24 ha, em um solo com textura franco-arenosa com declividade moderada.

As lâminas de irrigação aplicadas aos cultivares de mamona, neste ensaio, foram baseadas em resultados de estudos realizados anteriormente em casa de vegetação, com esses mesmos cultivares (LACERDA, 2006; BARROS JÚNIOR, 2007) com diferentes conteúdos de água do solo disponível para as plantas, sendo assim identificadas:

Lâmina 1 (L1): 40 % da água disponível no solo

Lâmina 2 (L2): 60 % da água disponível no solo

Lâmina 3 (L3): 80 % da água disponível no solo

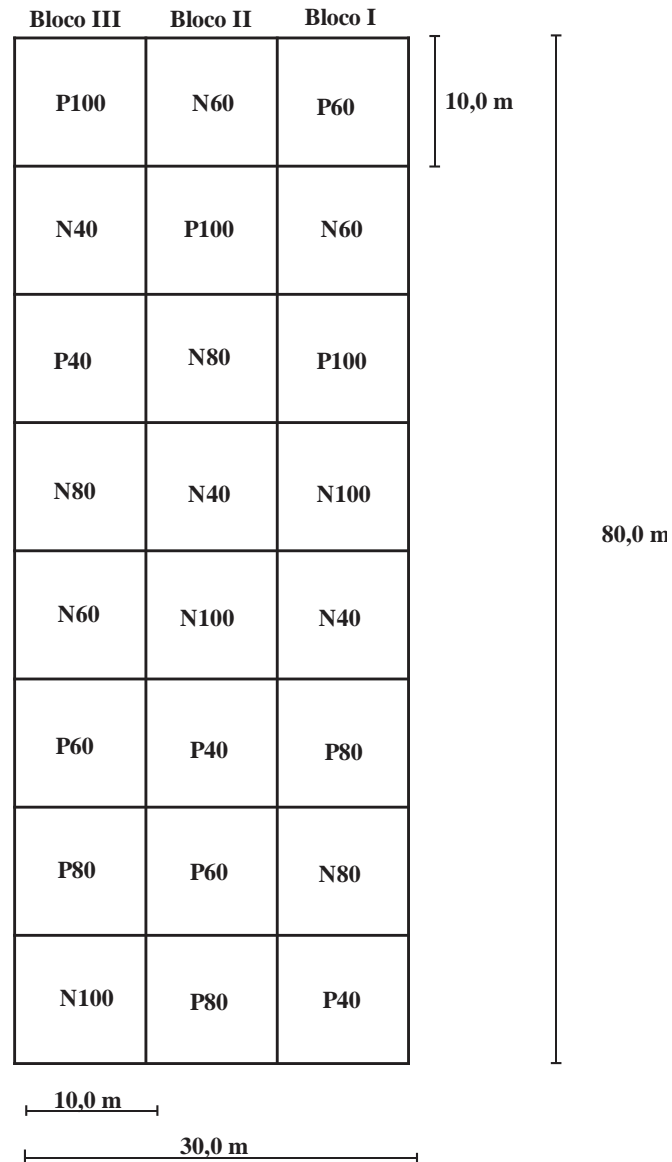
Lâmina 4 (L4): 100 % da água disponível no solo

#### 4.8. Tratamentos e delineamento estatístico

O delineamento experimental utilizado em cada ensaio foi o de blocos ao acaso, no esquema fatorial 2 x 4, constituído de dois cultivares de mamona BRS 149 – Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu e quatro níveis de água disponível do solo em três blocos, cada bloco medindo 10 x 80 m, contendo 08 parcelas em cada bloco, e cada parcela medindo 10 x 10 m. 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 qualitativos e análise de regressão para o fator quantitativo, de acordo com Ferreira (2000).

Cada parcela experimental foi constituída de uma área total de 100 m<sup>2</sup> correspondendo à área útil de 48 m<sup>2</sup>; nela foram cultivadas 50 plantas, espaçadas a 2 x 1m, com 24 plantas úteis e 26 de bordadura, conforme Figuras 1 e 2.

O experimento foi conduzido em 180 dias sob condições de campo.

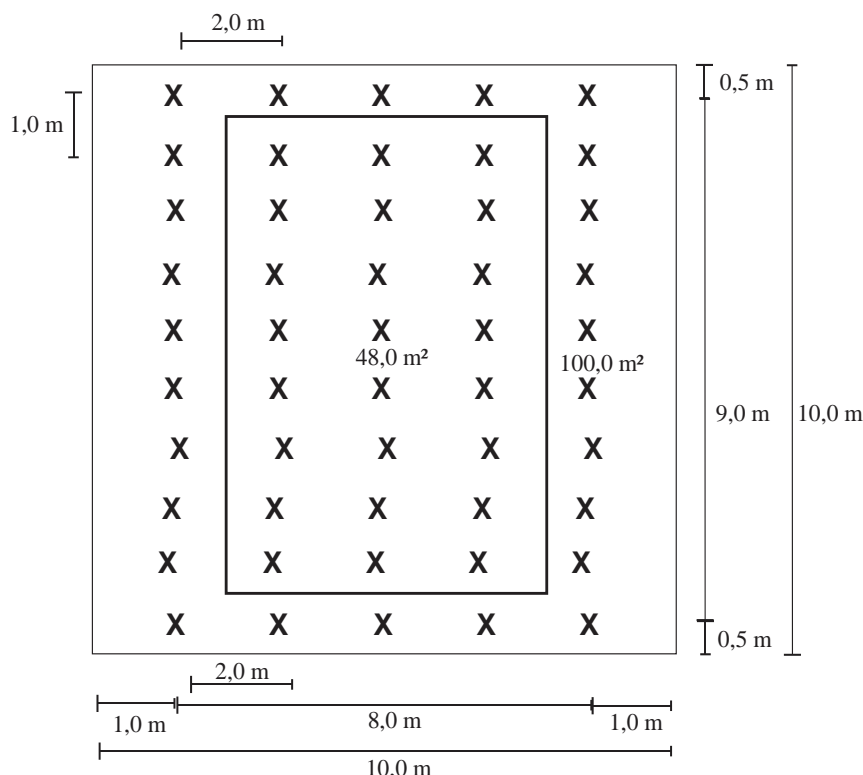


**Figura 2.** Croqui da área experimental com a disposição das parcelas

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  
(X representa uma planta de mamona)

#### 4.9. Instalação e condução do experimento

O solo da área experimental foi preparado, arado e gradeado nos meses de junho e julho de 2008. Foram coletadas amostras compostas na profundidade de 0 a 40 cm da superfície, para se determinar o pH do solo e corrigir uma possível acidez. Com os resultados, constatou-se a necessidade de correção da acidez do solo pois o pH encontrado foi igual a 4,4. Procedeu-se, então, à correção com a aplicação de calcário dolomítico entre os dias 15 e 17 de julho de 2008, visando elevar o pH entre 6 e 7, que é o intervalo adequado ao desenvolvimento da mamoneira, permanecendo o solo incubado para a reação do calcário, durante 90 dias. Neste período procedeu-se à instalação do sistema de irrigação localizada por gotejamento, para a irrigação da área. As parcelas experimentais foram irrigadas através de linhas gotejadoras, com uma linha lateral por linha de plantio, espaçadas de 2 metros, e emissores na linha distanciados a 20 centímetros, proporcionando uma faixa molhada contínua com largura de 0,6 m por linha de planta (Figura 5). Em cada tratamento teve o

sistema de distribuição de água foi independente. As aplicações de água foram diferenciadas pelo tempo de aplicação utilizando-se registros para o controle de volume ou tempo.

O cultivo foi conduzido durante 180 dias em condições de campo, ocupando uma área experimental de 0,24 hectares de área total. O plantio foi realizado em curvas de nível do terreno e a profundidade da sementeira foi de 2 a 3 cm. Na operação de sementeira se lançaram duas sementes por cova.

Foram realizadas irrigações quando o conteúdo de água do solo atingiu os valores abaixo dos níveis pré-estabelecidos pelos respectivos tratamentos (40, 60, 80 e 100 % da água disponível), que foi monitorado a cada dois dias, através de uma sonda de TDR segmentada, modelo HH2 PR1/6 de marca DELTA-T DEVICES inserida no solo, com um tubo de acesso instalado em cada parcela.

O cálculo da reposição da água utilizada pelas plantas dos respectivos tratamentos serviu de base para a determinação das lâminas repostas em cada tratamento se baseou na equação a seguir (GUERRA, 2000).

$$AD = ((CC - UA) / 100) \cdot D \cdot Y \cdot Z$$

sendo:

AD - água disponível em cm;

CC - umidade a capacidade de campo (base peso seco);

UA - umidade atual do solo (base peso seco);

D - densidade do solo;

Y - coeficiente de esgotamento previamente estabelecido (0 - 1);

Z - profundidade efetiva das raízes de mamona, em cm

Os valores do conteúdo de água do solo (UA), obtidos através da sonda de TDR para os intervalos de profundidades 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, foram processados numa planilha do Microsoft Excel, que contabilizou o conteúdo de água das camadas, realizando-se um balanço do conteúdo de água do perfil do solo determinando-se, assim, o volume total a ser repostado. O cálculo da lâmina de irrigação considerou a contribuição da precipitação efetiva proveniente das chuvas ocorrida no período anterior.

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 desbaste, aos 30 DAS, deixando-se apenas uma planta; a partir dos 60 DAS coletou-se uma planta por parcela para

análise do desempenho de crescimento e desenvolvimento do cultivar, procedendo-se nova coleta de dados aos 90, 120, 150 e 180 dias.

O solo foi adubado com superfosfato triplo em fundação com  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e em cobertura com  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e de N nas formas de cloreto de potássio e ureia, respectivamente, divididos em intervalos de 10 dias aplicados via fertirrigação, com a primeira aplicação 20 dias após o semeio.

#### **4.10. Variáveis analisadas**

##### **4.10.1. Altura de planta (AP)**

A altura das plantas (AP) foi determinada através de uma trena, medindo-se do colo da planta à base da folha mais nova, nos intervalos de 60, 90, 120, 150 e 180 dias após a semeadura (DAS).

##### **4.10.2. Diâmetro do caule (DC)**

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).

##### **4.10.3. Área foliar (AF)**

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



A área foliar, uma das mais importantes variáveis, por estar diretamente relacionada com os processos fisiológicos das plantas, foi calculada de acordo com o método de Wendt (1967), cuja fórmula utilizada encontra-se descrita a seguir:

donde:

Y = área foliar (cm<sup>2</sup>)

X = comprimento da nervura central da folha (cm)

n = número de folhas

#### **4.10.4. Fitomassa da parte aérea (FT)**

Toda a matéria verde produzida durante os 180 dias foi levada para uma estufa de circulação de ar forçado, na temperatura de 60 + 1°C, até atingir peso constante, sendo a matéria seca posteriormente pesada em balança de precisão. Nesta variável foram considerados os pesos secos de todas as folhas produzidas ao longo do ciclo da cultura e, de toda a parte aérea (folhas, caule, ramos, inflorescências e cachos) das plantas coletadas no final do ensaio aos 180 DAS, em cada ciclo.

#### **4.10.5. Razão de área foliar (RAF)**

A partir dos dados de área foliar e fitomassa, obtidos durante todo o ciclo da cultura, foi determinada a RAF, através da relação entre a área foliar e a fitomassa total, de acordo com a equação contida em Ferri (1985), a seguir:

---

em que:

AF = área foliar no tempo t (cm<sup>2</sup>);

FPA = fitomassa da parte aérea no tempo t (g)

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

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

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Altura da planta

Os resultados de análise de variância (ANAVA) referentes à altura das plantas, apresentados na Tabela 3, demonstram que não houve diferença significativa entre os cultivares BRS 188 - Paraguaçu e BRS 149 - Nordestina, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo (AD) obtendo, aos 180 dias, com alturas médias de 209,58 e 213,93 cm, respectivamente.

Houve efeito altamente significativo a nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ), dos níveis de água disponível (AD) do solo sobre a altura das plantas, nas cinco épocas de avaliação (Tabela 3). A análise de variância (ANAVA) das alturas das plantas em solo cuja capacidade de campo foi mantida (100% de AD) mostra que, aos 60 DAS (91,67 cm) houve incrementos de 40,55; 36,00 e 20,37% superiores aos tratamentos com 40, 60 e 80% de AD, respectivamente. Aos 90 DAS (136,33 cm), os incrementos foram de 45,78; 34,90 e 14,06%, respectivamente, superiores aos tratamentos com 40, 60 e 80% de AD; aos 120 DAS (210,67 cm), observaram-se incrementos de 34,18; 33,31 e 18,43% superiores aos tratamentos com 40, 60 e 80% de AD; para 150 DAS (218,50 cm), as diferenças foram de 33,10; 29,29 e 18,23% superiores aos tratamentos com 40, 60 e 80% de AD, enquanto aos 180 DAS (263,83 cm), no final do ciclo, as diferenças foram 40,24; 24,89 e 13,83% superiores aos tratamentos com 40, 60 e 80% de AD, respectivamente.

Silva (2008) estudando cinco cultivares de mamoneira nas condições agroecológicas do Recôncavo Baiano, verificou que a altura da planta de uma espécie é determinada pela expressão de diversos fatores, como o espaçamento entre plantas, espaçamento entre fileiras, suprimento de água, fertilidade do solo, potencial genético de cada cultivar e época de semeadura, entre outros fatores. O autor observou, também, que os valores máximos encontrados para a altura de planta variaram de acordo com o cultivar avaliado sendo 233 cm para o cultivar BRS 149 - Nordestina, aos 240 DAE e 247 cm para o BRS 188 – Paraguaçu; contudo, esses valores não diferiram entre si neste estágio de crescimento da planta.

Tabela 1 - Resumo das análises de variância referente à variável altura da planta dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

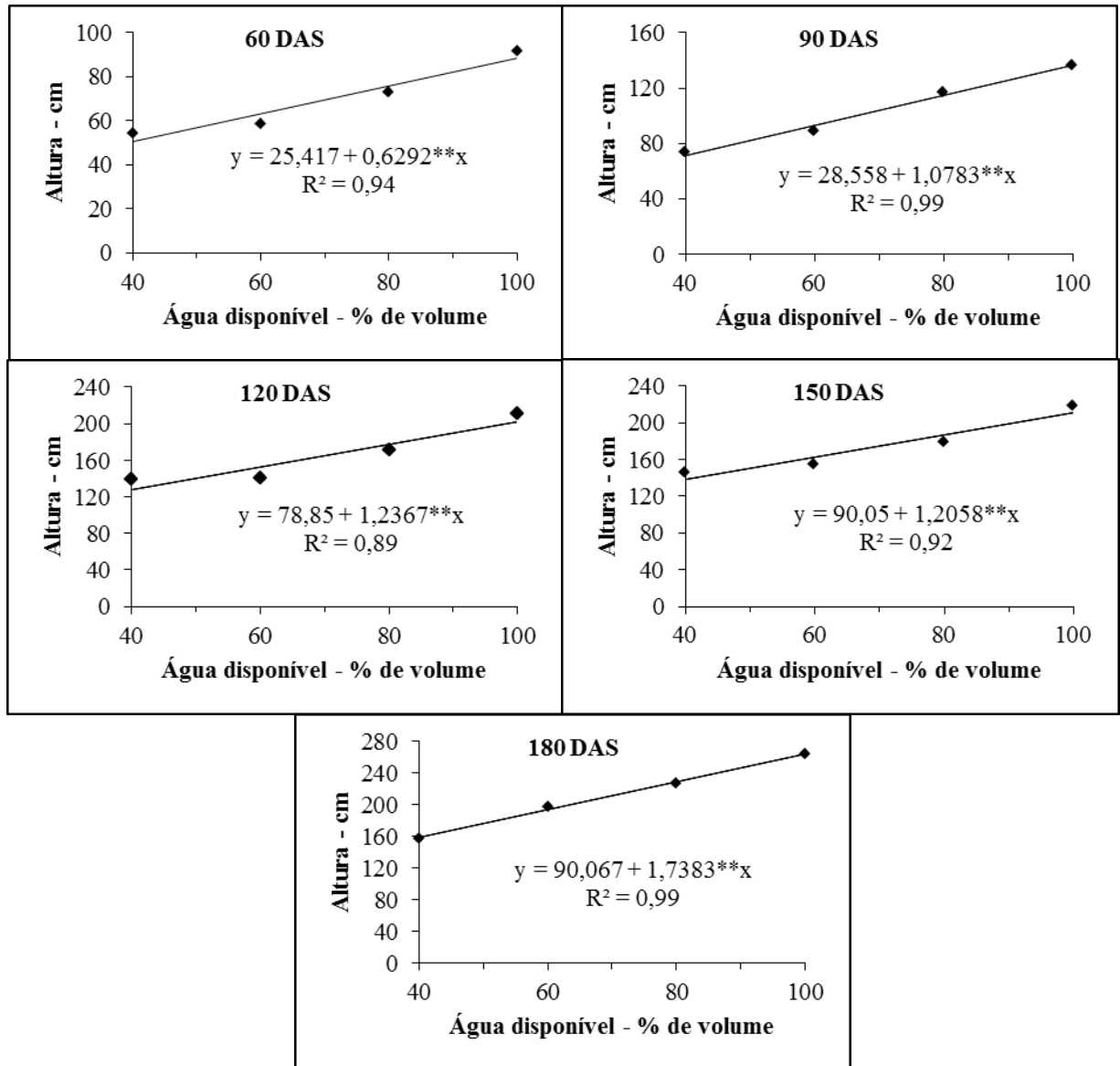
Fonte de variação	GL	Altura da planta				
		Quadrado médio				
		60 DAS	90 DAS	120 DAS	150 DAS	180 DAS
Cultivar	1	51,042 <sup>ns</sup>	672,042 <sup>ns</sup>	150,000 <sup>ns</sup>	70,042 <sup>ns</sup>	112,667 <sup>ns</sup>
Água disponível	3	1.691,930 <sup>**</sup>	4.712,736 <sup>**</sup>	6.850,278 <sup>**</sup>	6.312,264 <sup>**</sup>	12.130,056 <sup>**</sup>
AD x Cultivar	3	11,042 <sup>ns</sup>	89,292 <sup>ns</sup>	201,667 <sup>ns</sup>	63,931 <sup>ns</sup>	132,556 <sup>ns</sup>
Blocos	2	114,542 <sup>ns</sup>	660,042 <sup>ns</sup>	358,167 <sup>ns</sup>	57,042 <sup>ns</sup>	846,125 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	49,49	412,73	266,69	262,95	266,55
CV (%)		10,13	19,53	9,87	9,29	7,71
Regressão Polinomial Linear		4.750,21 <sup>**</sup>	13.953,63 <sup>**</sup>	18.352,13 <sup>**</sup>	17.448,41 <sup>**</sup>	36.261,63 <sup>**</sup>
Regressão Polinomial Quadrática		315,76 <sup>ns</sup>	28,17 <sup>ns</sup>	2.053,50 <sup>ns</sup>	1.488,38 <sup>ns</sup>	24,00 <sup>ns</sup>
Regressão Polinomial Cúbica		10,21 <sup>ns</sup>	156,41 <sup>ns</sup>	145,20 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	104,53 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		49,49	412,73	266,69	262,95	266,55
<b>Cultivares</b>		<b>Médias da altura das plantas (cm)</b>				
Nordestina		68,00 a	98,75 a	162,92 a	172,75 a	209,58 a
Paraguaçu		70,92 a	109,33 a	167,92 a	176,17 a	213,92 a
DMS		6,16	17,79	14,30	14,20	14,30
<b>Água Disponível (AD)</b>						
40 % de água disponível		54,50	73,92	138,67	146,17	157,67
60 % de água disponível		58,67	88,75	140,50	154,50	198,17
80 % de água disponível		73,00	117,17	171,83	178,67	227,33
100 % de água disponível		91,67	136,33	210,67	218,50	263,83

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

As plantas sem estresse hídrico cresceram de forma mais acentuada entre 60 e 120 DAS, diminuindo de intensidade aos 150 DAS e sendo um pouco maior no último período, 180 DAS (263,83 cm), conforme apresentado na Tabela 1; esses resultados são superiores aos obtidos por Barros Junior (2007) que, em um experimento com os cultivares BRS 149-Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu em casa de vegetação, encontrou altura de 128,0 cm em plantas sem estresse hídrico, nos dois cultivares estudados.

Nascimento et al. (2004) verificaram, em experimento em casa de vegetação, ajustes da altura da mamoneira ao modelo linear logístico, com o aumento do crescimento das plantas em função da aplicação de água residuária, ao longo do tempo. Rodrigues et al. (2009), também em experimento realizado em casa de vegetação, estimaram, aos 174 DAS, altura média de 1,49 m nas plantas irrigadas com 100% da evapotranspiração; as diferenças entre as alturas de plantas nos diferentes experimentos, pode ser atribuída ao aporte de nutrientes da água residuária, contribuindo para o maior crescimento das plantas. Lacerda (2010), encontrou em experimento de campo, altura média das plantas conduzidas sem estresse hídrico no último período de avaliação do experimento (180 DAS) igual a 228,3 cm e 260,3 cm para o solo com teor de matéria orgânica de 5,0 e 25,0 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, resultados próximos ao encontrado aos 180 DAS (263,83 cm), neste experimento.

As curvas de regressão e suas respectivas equações podem ser observadas na Figura 4. Nota-se que o aumento, além de linear em todas as épocas analisadas, também evolui de forma crescente com o avanço do ciclo, variando de 0,69 cm na altura da planta, por aumento unitário do percentual do volume de água no solo, aos 60 DAS, a 1,74 cm aos 180 DAS. Esta tendência também foi constatada por Barros Júnior (2007), ao testar diferentes níveis de água disponível do solo (40, 60, 80 e 100%), em casa de vegetação, para esses mesmos cultivares de mamona. Ainda Lacerda (2010), em pesquisa de campo com o cultivar BRS 188 - Paraguaçu, encontrou variações de 0,59 a 2,20 cm na altura da planta, por aumento unitário do percentual de água no solo, entre os 60 e 180 DAS, para o tratamento com 5,0 g kg<sup>-1</sup> de MO (matéria orgânica – MO) enquanto para a condição de 25,0 g kg<sup>-1</sup> de MO, o aumento unitário da altura da planta variou de 0,93 a 2,50 cm entre os 60 e 180 DAS.



**Figura 4.** Altura da mamoneira em função da água disponível do solo

## 5.2. Diâmetro do caule

Com relação ao diâmetro do caule, não houve diferença significativa entre os cultivares estudados. A Tabela 2 apresenta o resumo das análises de variância (ANAVA), para o efeito dos tratamentos sobre o diâmetro do caule. Observa-se unicamente efeito altamente significativo do conteúdo de água do solo.

Tabela 2 - Resumo das análises de variância referentes à variável diâmetro do caule dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

Fonte de variação	GL	Diâmetro do caule				
		Quadrado médio				
		60 DAS	90 DAS	120 DAS	150 DAS	180 DAS
Cultivar	1	4,420 <sup>ns</sup>	1,602 <sup>ns</sup>	12,470 <sup>ns</sup>	70,042 <sup>ns</sup>	57,350 <sup>ns</sup>
Água disponível	3	94,814 <sup>**</sup>	179,107 <sup>**</sup>	337,317 <sup>**</sup>	259,590 <sup>**</sup>	661,877 <sup>**</sup>
AD x Cultivar	3	3,608 <sup>ns</sup>	4,627 <sup>ns</sup>	8,307 <sup>ns</sup>	16,869 <sup>ns</sup>	16,407 <sup>ns</sup>
Blocos	2	3,489 <sup>ns</sup>	9,495 <sup>ns</sup>	16,531 <sup>ns</sup>	26,488 <sup>ns</sup>	17,028 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	4,39	7,78	7,82	36,75	36,07
CV (%)		11,78	11,37	7,95	13,73	11,84
Regressão Polinomial Linear		281,83 <sup>**</sup>	530,04 <sup>**</sup>	976,41 <sup>**</sup>	753,00 <sup>**</sup>	1.822,86 <sup>**</sup>
Regressão Polinomial Quadrática		1,35 <sup>ns</sup>	6,00 <sup>ns</sup>	9,50 <sup>ns</sup>	21,66 <sup>ns</sup>	162,76 <sup>ns</sup>
Regressão Polinomial Cúbica		1,26 <sup>ns</sup>	1,28 <sup>ns</sup>	26,04 <sup>ns</sup>	4,11 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		4,39	7,78	7,82	36,75	36,04
<b>Cultivares</b>		<b>Médias do diâmetro do caule (mm)</b>				
Nordestina		17,36 a	24,28 a	34,44 a	42,46 a	49,15 a
Paraguaçu		18,22 a	24,80 a	35,88 a	45,88 a	52,24 a
DMS		1,83	2,44	2,45	5,31	5,26
<b>Água Disponível (AD)</b>						
40 % de água disponível		12,85	18,63	27,70	37,42	41,62
60 % de água disponível		16,80	22,25	30,28	41,27	44,17
80 % de água disponível		19,25	25,83	38,78	45,17	52,02
100 % de água disponível		22,25	31,45	43,88	52,87	64,98

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

Para o fator água disponível no solo, ocorreram diferenças significativas a nível de 1% ( $p < 0,01$ ) para todo o ciclo de crescimento. Com o tratamento mantido a 100% de AD, aos 180 DAS, o diâmetro médio do caule foi de 64,98 mm, sendo 1,25 vez superior ao diâmetro médio dos caules de plantas cujo tratamento foi de 80 % de AD; 1,47 vez superior aos diâmetros de plantas com tratamento a 60 % de AD; e 1,56 vez superior ao diâmetro médio de plantas com tratamento a 40% de AD .

As diferenças verificadas no diâmetro do caule em relação aos níveis de água disponível a 100% e 40, 60 e 80% de AD, foram 42,25, 24,49 e 13,48%, respectivamente, aos 60 DAS; de 40,75, 29,25 e 17,86% de AD, aos 90 DAS; de 36,88, 30,99 e 11,62% de AD aos 120 DAS; de 29,16, 21,87 e 14,48% de AD aos 150 DAS; e, finalmente, de 35,96, 32,03 e 19,95%, aos 180 DAS, final do ciclo. Na fase inicial de crescimento, houve maior aumento do diâmetro dos caules. Desse resultado, deduz-se que plantas cultivadas sem restrição hídrica tiveram diâmetros de caule maiores e devem ser mais resistentes ao tombamento, devido aos caules mais robustos.

Foi observado, neste trabalho, diâmetro médio de 64,98 mm aos 180 DAS com 100% de AD; resultado maior que o observado por Rodrigues et al. (2009) que foi igual a 32,0 mm. Lacerda (2006), em casa de vegetação, aos 120 DAS, obteve no seu estudo com mamona, e mesmo cultivar estudado, diâmetro caulinar médio de 30,33 mm nas plantas do cultivar BRS Paraguaçu, em solo com 25,0 g kg<sup>-1</sup> de MO (matéria orgânica) sem, entretanto, diferir do diâmetro das plantas cultivadas em solo contendo 5,0 g kg<sup>-1</sup> de MO (28,75 mm).

As análises das regressões, apresentadas na Tabela 2, e seus respectivos gráficos, apresentados na Figura 5, constataam a tendência de aumento linear no diâmetro do caule das plantas, em todas as fases analisadas. Observa-se que o aumento no diâmetro do caule também evoluiu de forma crescente com o avanço do ciclo da cultura, variando de 0,15 a 0,39 mm por aumento unitário do percentual de volume de água no solo dos 60 DAS aos 180 DAS.

Barros Júnior et al. (2004), trabalhando em casa de vegetação com os mesmos cultivares e os níveis de 40, 60, 80 e 100% de água disponível, também não verificaram diferença significativa entre os dois cultivares, em termos de diâmetro do caule, aos 60, 120 e 180 DAS.

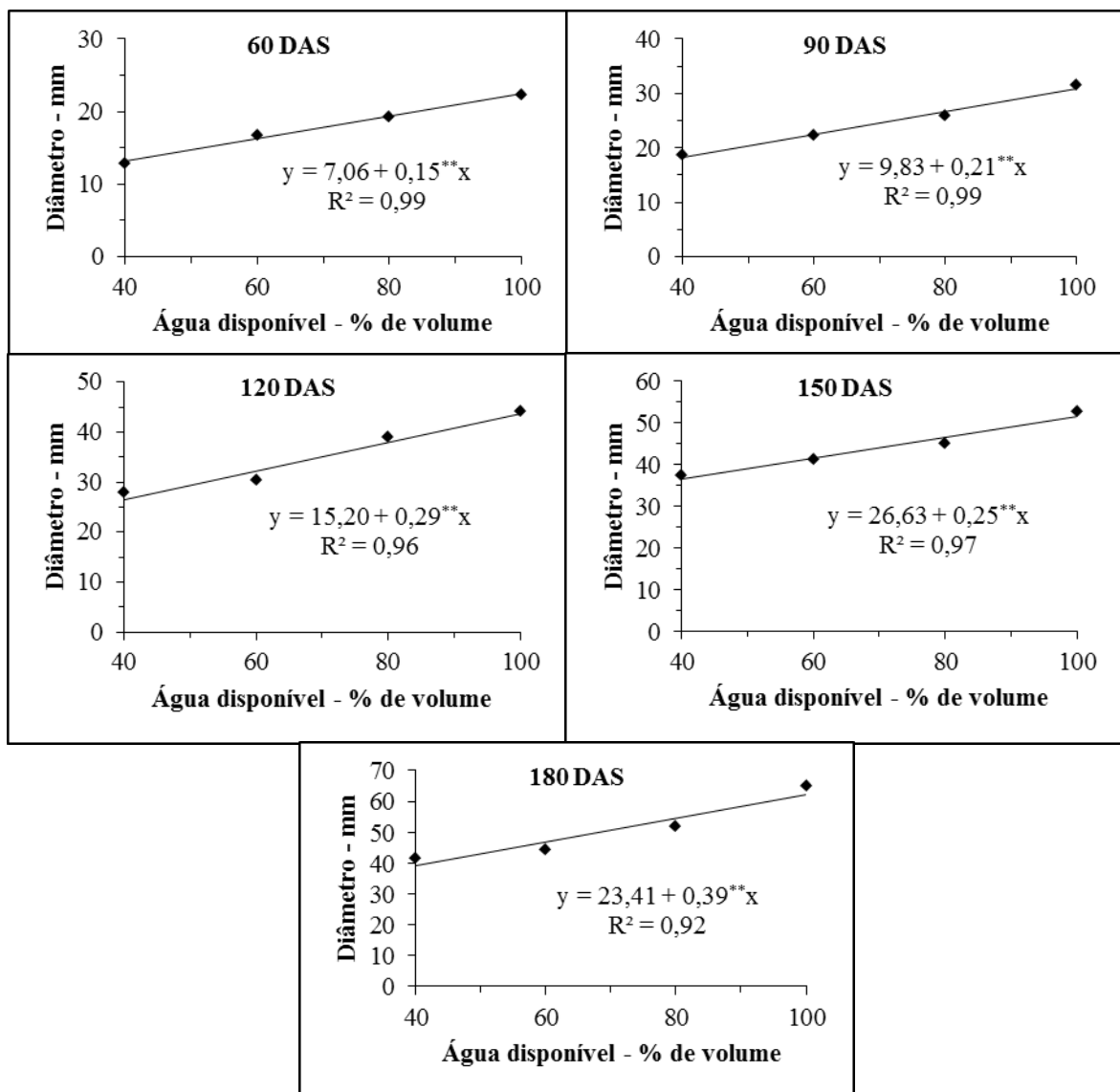
Silva et al. (2004), em estudos de avaliação preliminar de cultivares da mamona sob condições semiáridas, observaram diâmetro médio de 32,3 mm para o BRS Nordestina e 30,8 mm para o BRS Paraguaçu.

Xavier (2007) notou diferenças significativas no diâmetro das plantas do cultivar BRS Nordestina irrigados com águas residuárias. Essas diferenças foram atribuídas ao aporte de



nutrientes das águas; de forma análoga à variável anterior (altura de planta), o autor observou maior crescimento do diâmetro com os níveis de 80 e 100% de água disponível.

Lacerda (2010) concluiu que o aumento no diâmetro do caule também evolui de forma crescente com o avanço do ciclo da cultura, variando de 0,31 a 0,73 mm por aumento unitário do percentual do volume de água no solo dos 60 aos 180 DAS na condição de 5,0 g kg<sup>-1</sup> de MO, enquanto para a condição de 25,0 g kg<sup>-1</sup> de MO, a variação se manteve na faixa de 0,35 a 0,81 mm, entre os 60 e os 180 DAS, respectivamente.



**Figura 5.** Diâmetro do caule em função da água disponível do solo

### 5.3. Área Foliar

Não houve diferenças estatísticas significativas para a área foliar (AF), dos dois cultivares, conforme observado na Tabela 3. Foram observados, na área foliar, efeitos significativos a nível de 1% ( $P < 0,01$ ) para as cinco épocas (60, 90, 120, 150 e 180 DAS) avaliadas, em relação aos diferentes níveis de AD (40, 60, 80 e 100% de AD).

A área foliar das plantas submetidas a nível 100% de AD, quando comparada aos níveis de 40, 60 e 80% de AD, foi, respectivamente, 53,65, 38,78 e 23,48% superior, aos 60 DAS; 55,77, 42,17 e 18,60% aos 90 dias; 67,37, 54,34 e 30,28% aos 120 DAS; 50,20, 40,71 e 19,54% aos 150 DAS e 37,30, 31,81 e 7,27% aos 180 DAS. A maior área foliar foi observada aos 120 DAS, no nível de 100% de AD (4,74 m<sup>2</sup>) e a menor no nível de 40% de AD aos 60 DAS (0,26 m<sup>2</sup>).

A área foliar cresceu lentamente nas plantas submetidas aos menores níveis de reposição de água (40,60 e 80% de AD), até 180 DAS (Tabela 3); situação semelhante foi encontrada por Barros Júnior (2007), que observou que, quanto menor for o nível de água disponível no solo, mais precocemente ocorrem reduções da área foliar.

Na Figura 6, são apresentadas as regressões com seus respectivos gráficos e equações para as diferentes épocas de avaliação da área foliar constatando-se, para o período dos 60 aos 180 DAS, que se obteve um efeito linear na expansão da área foliar com o avanço do ciclo da cultura, variando de 0,005 a 0,0255 m<sup>2</sup> por aumento unitário do percentual de volume de água no solo.

Lacerda (2010) encontrou em experimento realizado em campo em que o aumento da área foliar evoluiu de forma linear e crescente; com o avanço do ciclo da cultura a área foliar, aos 180 DAS, atingiu valores de 6,12 e 7,94 m<sup>2</sup> para a condição sem estresse hídrico (100% de AD) nos solos cujo teor de matéria orgânica foi mantido a 5,0 e 25,0 g kg<sup>-1</sup> respectivamente. Esses valores são superiores ao encontrado neste experimento (4,74 m<sup>2</sup> aos 120 DAS). Encontrou aumento unitário da área foliar superior, variando de 0,015 a 0,105 m<sup>2</sup> na medida em que se elevou o percentual unitário de água no solo, na condição de 5,0 g kg<sup>-1</sup> de MO, e de 0,02 a 0,13 m<sup>2</sup> para o solo com teor de matéria orgânica de 25,0 g.kg<sup>-1</sup> dos 60 aos 180 DAS (com 100% de AD), respectivamente.

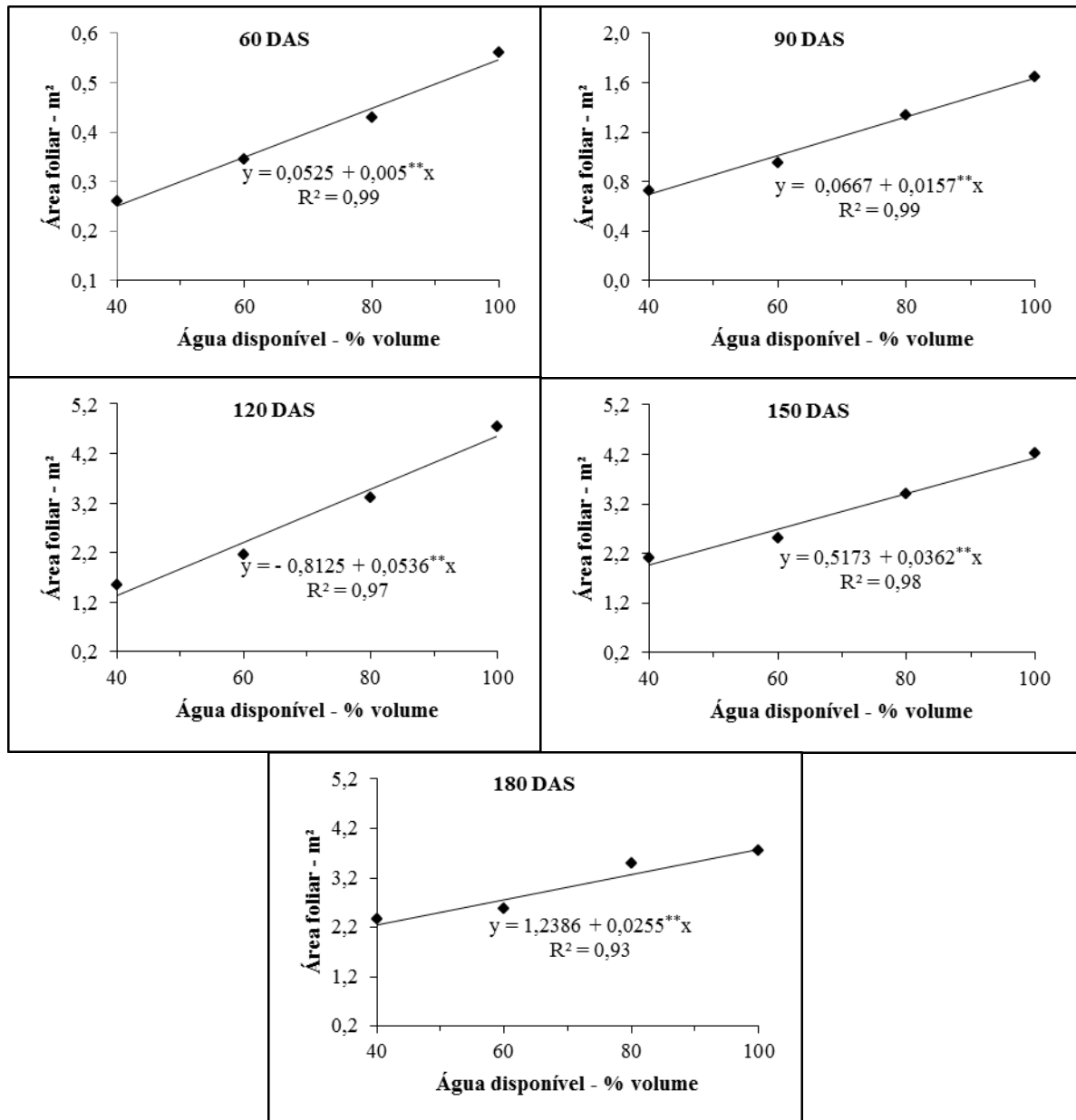
Silva (2008), estudando a variação da área foliar (AF), em função dos dias após emergência (DAE), de cinco cultivares de mamoneira nas condições agroecológicas do Recôncavo Baiano, encontrou que a área foliar cresceu lentamente no início do ciclo até os 60

Tabela 3 - Resumo das análises de variância referentes à variável área foliar dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordeste e BRS 188 - Paraguai, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

Fonte de variação	GL	Área foliar				
		Quadrado médio				
		60 DAS	90 DAS	120 DAS	150 DAS	180 DAS
Cultivar	1	9,56. 10 <sup>-7</sup> ns	0,046 <sup>ns</sup>	0,753 <sup>ns</sup>	0,669 <sup>ns</sup>	0,955 <sup>ns</sup>
Água disponível	3	0,099 <sup>**</sup>	0,997 <sup>**</sup>	11,812 <sup>**</sup>	5,362 <sup>**</sup>	2,786 <sup>**</sup>
AD x Cultivar	3	0,007 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,194 <sup>ns</sup>	0,104 <sup>ns</sup>	0,045 <sup>ns</sup>
Blocos	2	0,020 <sup>ns</sup>	0,093 <sup>ns</sup>	0,071 <sup>ns</sup>	0,402 <sup>ns</sup>	0,697 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	0,005	0,029	0,186	0,274	0,612
CV (%)		16,86	14,57	14,70	17,17	25,87
Regressão Polinomial Linear		0,294 <sup>**</sup>	2,962 <sup>**</sup>	34,419 <sup>**</sup>	15,722 <sup>**</sup>	7,798 <sup>**</sup>
Regressão Polinomial Quadrática		0,004 <sup>ns</sup>	0,010 <sup>ns</sup>	1,000 <sup>ns</sup>	0,269 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>
Regressão Polinomial Cúbica		0,001 <sup>ns</sup>	0,018 <sup>ns</sup>	0,016 <sup>ns</sup>	0,095 <sup>ns</sup>	0,553 <sup>ns</sup>
Desvio		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Resíduo		0,005	0,029	0,186	0,274	0,612
<b>Cultivares</b>		<b>Médias da área foliar (m<sup>2</sup>)</b>				
Nordestina		0,40 a	1,12 a	2,76 a	2,88 a	2,82 a
Paraguai		0,40 a	1,21 a	3,11 a	3,22 a	3,22 a
DMS		0,06	0,15	0,38	0,46	0,68
<b>Água Disponível (AD)</b>						
40 % de água disponível		0,26	0,73	1,55	2,10	2,34
60 % de água disponível		0,34	0,95	2,16	2,50	2,55
80 % de água disponível		0,43	1,34	3,30	3,39	3,47
100 % de água disponível		0,56	1,65	4,74	4,22	3,74

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

DAE, seguindo-se de um crescimento logarítmico até atingir seu máximo, em torno dos 120 e 150 DAE passando, posteriormente, a um decréscimo acentuado, chegando a área foliar mínima, aos 240 DAE. Os valores máximos da área foliar encontradas em função dos dias após emergência (DAE), foram de  $656 \text{ dm}^2 \text{ planta}^{-1}$  (BRS 149 - Nordeste) aos 134 DAE), 613 (BRS 188 - Paraguaçu, 139 DAE).



**Figura 6.** Área foliar da mamoneira em função da água disponível do solo

Lacerda (2006) verificou incremento de 37,60% na área foliar do cultivar BRS 188 – Paraguaçu, aos 120 DAS, em plantas mantidas a 70% de AD, em comparação com as plantas adequadamente irrigadas (100% de AD).

Segundo Fageria (1989), em situações de estresse hídrico, a grande maioria dos vegetais, entre os quais se inclui a mamoneira, busca alternativas para diminuir o consumo de água, reduzindo principalmente a transpiração e, dentre as adaptações mais conhecidas, o autor cita a diminuição da área foliar diminuindo, conseqüentemente, as perdas de água por transpiração.

Para Benincasa (2003), o declínio da área foliar, sempre que as plantas se desenvolvem, também pode ser decorrente do autosombreamento, o que provocaria a diminuição da área foliar a partir de determinada fase do ciclo fenológico da cultura da mamona.

#### **5.4. Fitomassa da parte aérea**

Na Tabela 4 se encontram os resultados do experimento relativo à variável fitomassa da parte aérea. Observa-se que a fitomassa dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordeste e BRS 188 – Paraguaçu, não diferiram estatisticamente entre si, quando foram submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo.

Os resultados das análises de variância (ANAVA) para a fitomassa da parte aérea dos cultivares de mamona BRS 149 – Nordeste e BRS 188 – Paraguaçu, apresentados na Tabela 6, mostram efeito significativo a nível de 1% ( $P < 0,01$ ), para os diferentes níveis de água disponível.

A fitomassa das plantas submetidas a nível 100% de AD (1.975,62 g), quando comparadas aos níveis de 40, 60 e 80% de AD, foi, respectivamente, 57,45, 51,31 e 33,69% aos 60 DAS; de 76,31, 49,60 e 33,28% aos 90 DAS; 58,66, 29,07 e 11,57% aos 120 DAS; 48,89, 41,85 e 13,21% aos 150 DAS; e, de 62,80; 50,56 e 19,81% aos 180 DAS no final do ciclo, superiores aos tratamentos de 40, 60 e 80% de AD. A maior quantidade de fitomassa da parte aérea foi obtida aos 180 DAS, a nível de 100% de AD, com 1.975,62 gramas (Tabela 4).

Os resultados estão de acordo com Lacerda (2010) que, em experimento realizado em campo com o cultivar BRS 188 – Paraguaçu, observou que na capacidade de campo (100% AD), a fitomassa foi 40,4, 27,9 e 15,7%, superior à fitomassa produzida pelas plantas no solo, com 70, 80 e 90% de AD, aos 180 DAS, respectivamente. Barros Júnior (2007), trabalhando com o mesmo cultivar de mamona em casa de vegetação até os 180 dias, mantido o solo à

Tabela 4 - Resumo das análises de variância referente à variável fitomassa da parte aérea dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

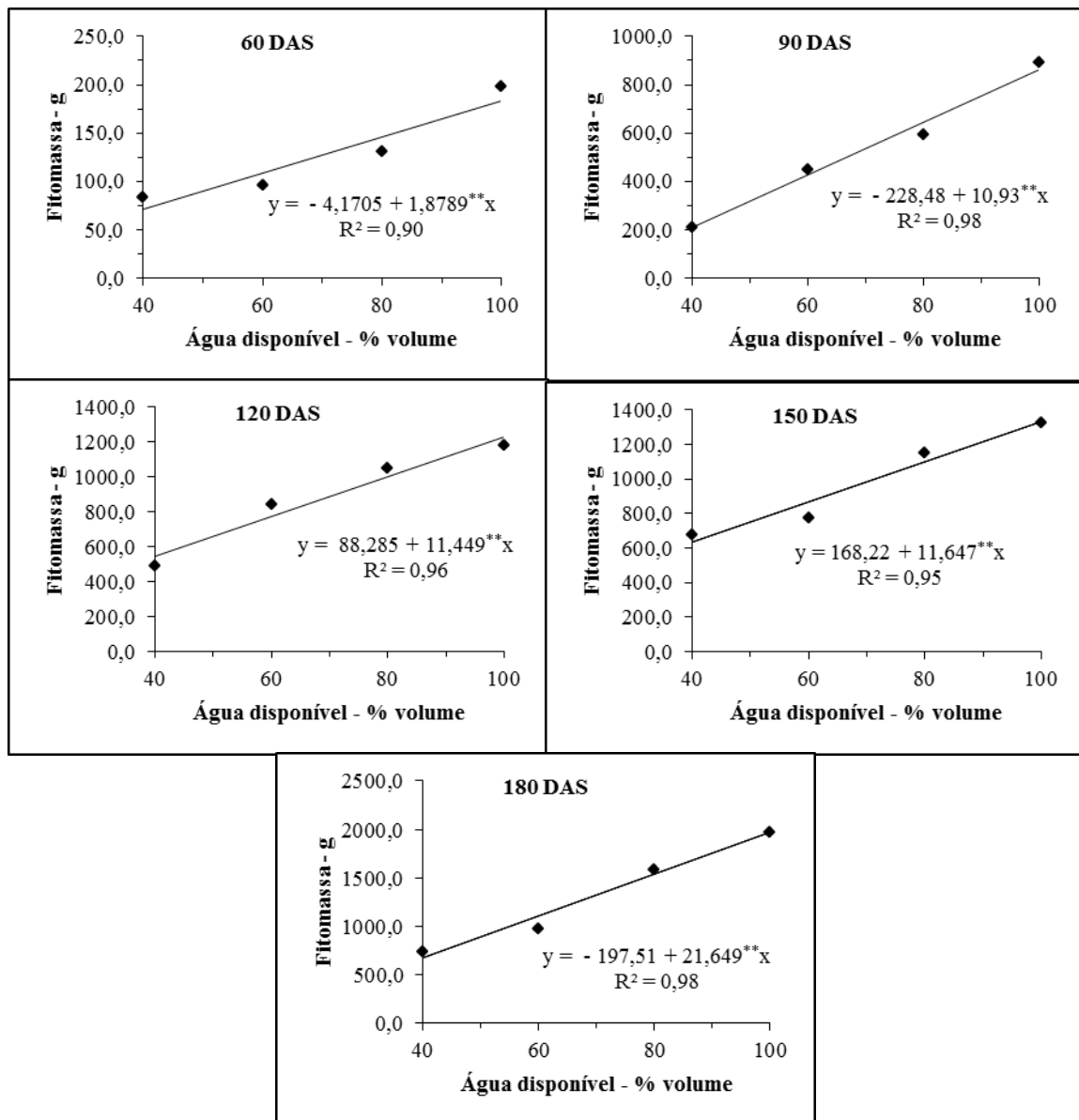
Fonte de variação	GL	Fitomassa da parte aérea				
		Quadrado médio				
		60 DAS	90 DAS	120 DAS	150 DAS	180 DAS
Cultivar	1	363,37 <sup>ns</sup>	4.284,42 <sup>ns</sup>	547.545,33 <sup>ns</sup>	3.777,68 <sup>ns</sup>	49.847,20 <sup>ns</sup>
Água disponível	3	15,61 <sup>**</sup>	485.494,68 <sup>**</sup>	34.207,16 <sup>**</sup>	570.252,21 <sup>**</sup>	1.919.667,92 <sup>**</sup>
AD x Cultivar	3	616,60 <sup>ns</sup>	907,43 <sup>ns</sup>	3.351,40 <sup>ns</sup>	5.466,95 <sup>ns</sup>	34.274,86 <sup>ns</sup>
Blocos	2	45,46 <sup>ns</sup>	212,90 <sup>ns</sup>	19.624,34 <sup>ns</sup>	3.594,79 <sup>ns</sup>	18.450,58 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	357,90	2059,82	19.107,90	14.710,88	16.155,68
CV (%)		14,85	8,46	15,54	12,33	9,64
Regressão Polinomial Linear		42.362,24 <sup>**</sup>	1.433.499,01 <sup>**</sup>	1.572.830,42 <sup>**</sup>	1.627.969,91 <sup>**</sup>	5.623.894,96 <sup>**</sup>
Regressão Polinomial Quadrática		4.454,42 <sup>ns</sup>	5.141,42 <sup>ns</sup>	68.212,81 <sup>ns</sup>	10.121,50 <sup>ns</sup>	33.530,61 <sup>ns</sup>
Regressão Polinomial Cúbica		24,83 <sup>ns</sup>	17.843,60 <sup>ns</sup>	1.592,76 <sup>ns</sup>	72.665,21 <sup>ns</sup>	101.578,21 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resíduo		357,86	2.059,82	19.107,88	14.710,88	16.155,68
<b>Cultivares</b>		<b>Médias da fitomassa (g)</b>				
Nordestina		123,46 a	523,24 a	851,93 a	971,00 a	1.272,31 a
Paraguaçu		131,24 a	549,96 a	927,44 a	996,10 a	1.363,46 a
DMS		16,56	39,74	121,04	106,20	111,29
<b>Água Disponível (AD)</b>						
40 % de água disponível		84,15	211,15	489,27	679,27	734,90
60 % de água disponível		96,30	449,25	839,44	772,72	976,74
80 % de água disponível		131,15	594,68	1046,55	1.153,31	1.584,27
100 % de água disponível		197,80	891,32	1183,47	1.328,90	1.975,62

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

capacidade de campo (1.393,45 g), obteve 348,0% a mais de fitomassa total da parte aérea mais a da raiz, comparada com a fitomassa do mesmo cultivar submetido a 40% de AD (11,15g).

Silva (2008), ao estudar a variação da fitomassa sob condições agroecológicas do Recôncavo Baiano, verificou que os valores máximos da fitomassa total variaram de acordo com o cultivar avaliado: 1.806 g planta<sup>-1</sup> para o BRS 149 – Nordestina, aos 184 DAE, e 1.845 g planta<sup>-1</sup> para o BRS 188 – Paraguaçu.

Na Figura 7, são visualizadas as regressões para o fator água disponível, verificando-se aumento linear no acúmulo de fitomassa, à medida em que se elevaram os níveis de água disponível no solo, variando de 1,88 a 21,65 g por aumento unitário do percentual de água no solo em massa produzida pelo cultivar de mamona, dos 60 aos 180 DAS.



**Figura 7.** Fitomassa da parte aérea da mamoneira em função da água disponível do solo

### 5.5. Razão de área foliar - RAF

Com relação razão de área foliar, não houve diferença significativa entre os cultivares estudados. Os resultados das análises de variância (ANAVA) para a razão de área foliar se encontram na Tabela 5. A água disponível no solo promoveu diferença significativa a nível de 5% ( $p < 0,05$ ) aos 60 e aos 180 DAS e a nível de 1% ( $p < 0,01$ ) aos 120 DAS. As plantas submetidas ao maior conteúdo de água do solo (100% da AD) apresentaram as maiores razões de área foliar, quando comparadas com as que foram submetidas a estresse hídrico. Esse resultado confirma, assim, o indicado por Benincasa (2003), 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 mantidas à capacidade de campo (100% AD), aos 150 DAS, apresentaram uma razão de área foliar de  $33,55 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , superior à razão de área foliar das plantas que foram submetidas às condições de 40, 60 e 80% da AD e que apresentaram valores de 31,03, 31,64 e  $31,88 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , respectivamente.

Segundo Benincasa (2003), o decréscimo na RAF ao longo do tempo pode ser devido ao autosombreamento e ao sombreamento entre plantas, levando à diminuição na área foliar fotossinteticamente útil. A determinação da RAF permite detectar a translocação e partição de assimilados para as folhas, em relação à matéria seca total da planta.

Os resultados das regressões para este parâmetro são mostrados na Figura 8; é possível verificar que a RAF aumentou de forma linear quando as plantas foram conduzidas sob diferentes conteúdos de água no solo, dos 60 até os 180 DAS, apresentando equações de regressão significativas aos 60, 120 e 180 DAS, não demonstrando significância aos 90 e 150 DAS. Aos 180 DAS a RAF decresceu, devido à senescência da planta.

Em estudo sobre a razão de área foliar, Lacerda (2010) verificou que as plantas submetidas ao maior conteúdo de água do solo (100% da AD) apresentaram as maiores razões de área foliar, apresentando razão de área foliar de  $30,07 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , superior à razão de área foliar das plantas que foram submetidas às condições de 90, 80 e 70% de AD.

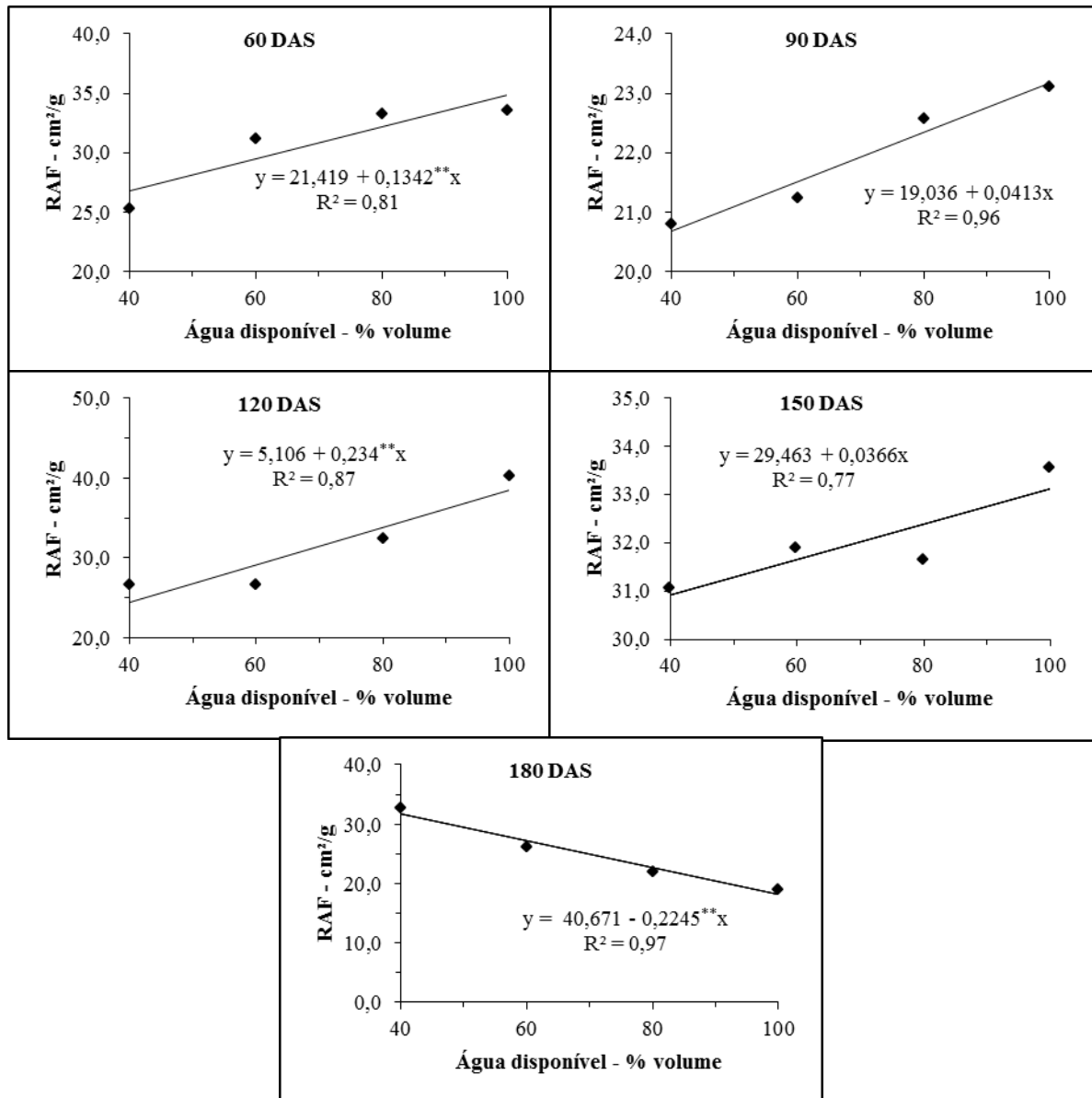
A variação da RAF em função dos dias após emergência (DAE) de cultivares de mamoneira avaliados nas condições do Recôncavo Baiano (SILVA, 2008), evidencia tendência contínua de queda, a partir dos 30 DAE, até atingir valores próximos de zero na fase final do ciclo das plantas. Os valores máximos encontrados para a razão da área foliar



Tabela 5 - Resumo das análises de variância referente à variável razão de área foliar dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

Fonte de variação	GL	Razão de área foliar				
		Quadrado médio				
		60 DAS	90 DAS	120 DAS	150 DAS	180 DAS
Cultivar	1	0,51 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	15,11 <sup>ns</sup>	64,49 <sup>ns</sup>
Água disponível	3	88,56 <sup>*</sup>	7,11 <sup>ns</sup>	251,88 <sup>**</sup>	6,96 <sup>ns</sup>	208,27 <sup>*</sup>
AD x Cultivar	3	5,24 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	19,06 <sup>ns</sup>	43,35 <sup>ns</sup>	63,56 <sup>ns</sup>
Blocos	2	96,93 <sup>*</sup>	2,98 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	1,74 <sup>ns</sup>	63,55 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	20,02	9,27 <sup>ns</sup>	31,85 <sup>ns</sup>	25,81 <sup>ns</sup>	57,45 <sup>ns</sup>
CV (%)		14,52	13,88	17,92	15,86	30,38
Regressão Polinomial Linear		216,20 <sup>**</sup>	20,50 <sup>ns</sup>	657,07 <sup>**</sup>	16,06 <sup>ns</sup>	605,43 <sup>**</sup>
Regressão Polinomial Quadrática		48,31 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	93,62 <sup>ns</sup>	1,70 <sup>ns</sup>	19,08 <sup>ns</sup>
Regressão Polinomial Cúbica		1,18 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	4,96 <sup>ns</sup>	3,10 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo		20,02	9,27	31,85	25,81	57,45
<b>Cultivares</b>		<b>Médias da razão de área foliar (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>)</b>				
Nordestina		30,67 a	21,77 a	31,42 a	31,23 a	23,31 a
Paraguaçu		30,96 a	22,09 a	31,55 a	32,82 a	26,59 a
DMS		3,92	2,67	4,94	4,45	6,64
<b>Água Disponível (AD)</b>						
40 % de água disponível		25,27	20,80	26,56	31,03	19,06
60 % de água disponível		31,19	21,24	26,65	31,64	21,97
80 % de água disponível		33,28	22,56	32,46	31,88	26,16
100 % de água disponível		33,52	23,12	40,28	33,55	32,63

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



**Figura 8.** Razão de área foliar da mamoneira em função da água disponível do solo

variaram de acordo com o cultivar avaliado e DAE, sendo  $7,61 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$  para o cultivar BRS 149 – Nordestina e  $10,20$  para o BRS 188 - Paraguaçu, todos aos 31 DAE. Assim, a RAF é máxima no período vegetativo e decresce, posteriormente, com o desenvolvimento da cultura, indicando que, inicialmente, a maior parte do material fotossintetizado é convertido em folhas, visando a uma captação maior da radiação solar (ALVAREZ et al., 2005).

### 5.6. Dias para emissão da 1ª inflorescência, altura da primeira inflorescência e número de inflorescências emitidas

Estão apresentados na Tabela 6 os resultados das análises de variância (ANAVA) referentes ao número de dias para emissão da 1ª inflorescência dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordeste e BRS 188 - Paraguaçu, constatando-se que não houve diferença significativa entre os cultivares testados, evidenciando o número de dias igual entre os cultivares para a emissão da 1ª inflorescência.

Tabela 6 - Resumo das análises de variância referente ao número de dias para a emissão da primeira inflorescência, altura da primeira inflorescência e número total de inflorescências dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordeste e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

Fonte de variação		Nº de dias para a emissão da 1ª inflorescência	Altura da emissão da 1ª inflorescência	Numero total de inflorescências
GL		Quadrado médio		
Cultivar	1	7,04 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	2,042 <sup>ns</sup>
Água disponível	3	133,38 <sup>**</sup>	571,23 <sup>**</sup>	163,15 <sup>**</sup>
AD x Cultivar	3	1,93 <sup>ns</sup>	5,42 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>
Blocos	2	11,38 <sup>ns</sup>	2,12 <sup>ns</sup>	12,17 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	6,99	36,46	8,45 <sup>ns</sup>
CV (%)		6,24	11,25	16,34
Regressão Polinomial Linear		357,08 <sup>**</sup>	1.652,43 <sup>**</sup>	484,01 <sup>**</sup>
Regressão Polinomial Quadrática		30,38 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	5,04 <sup>ns</sup>
Regressão Polinomial Cúbica		12,68 <sup>ns</sup>	60,35 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00	0,00	0,00
Resíduo		6,99	36,46	8,45
<b>Cultivares</b>		<b>Dias</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Unidades</b>
Nordestina		41,83 a	53,53 a	17,50 a
Paraguaçu		42,92 a	53,81 a	18,08 a
DMS		2,32	5,29	2,55
<b>Água Disponível (AD)</b>				
40 % de água disponível		49,00	41,63	12,17
60 % de água disponível		42,00	52,28	15,50
80 % de água disponível		40,50	55,45	19,17
100 % de água disponível		38,00	65,32	24,33

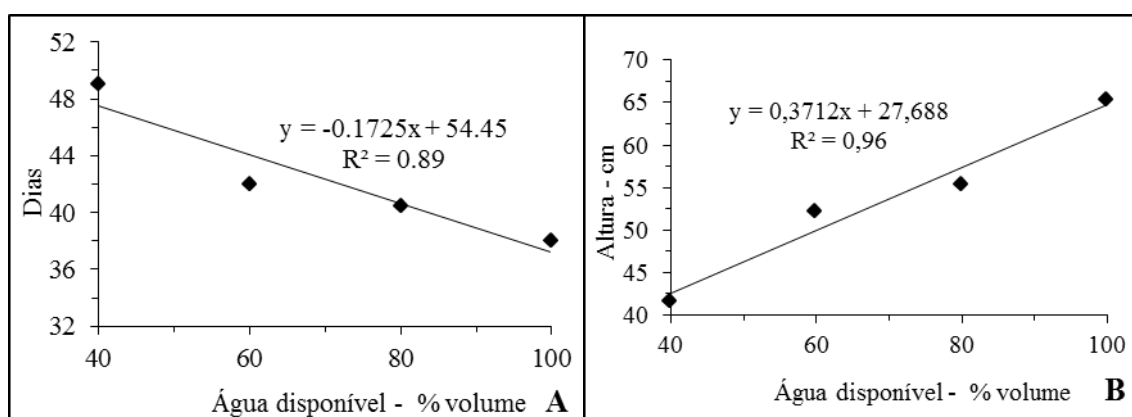
GL - grau de liberdade; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ )

O tratamento referente aos diferentes níveis de água disponível do solo (AD) influenciou significativamente ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) o número de dias para emissão da 1ª

inflorescência da mamona. Observa-se que, em solo cuja capacidade de campo (100% de AD) foi mantida, o número de dias para emissão da 1ª inflorescência foi 28,95; 10,50 e 6,60%, inferior ao número de dias da 1ª inflorescência de plantas em solo com 40, 60 e 80% de AD, respectivamente. O tratamento mantido a 100% de AD possibilitou à planta emitir sua primeira inflorescência em menos tempo que os demais tratamentos, aos 38 dias, enquanto que os tratamentos mantidos a 40, 60 e 80% de AD possibilitaram às plantas emitirem aos 49,0, 42,0 e 40,5 dias, respectivamente.

As análises de regressão para os diferentes níveis de água disponível referentes ao número de dias para a emissão da primeira inflorescência, são visualizadas através da Figura 9A, na qual é possível observar que o decréscimo ocorreu a uma taxa de 0,17 dias para cada aumento unitário do percentual de água no solo.

Barros Júnior (2007), trabalhando em casa de vegetação com os cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu encontrou, nos tratamentos mantidos a 100% de AD, a 1ª inflorescência aos 46 dias com as plantas mantidas a 60 e 80% de AD, aos 45 e 43 dias, respectivamente; no tratamento mantido a 40% de AD não houve inflorescências emitidas. Lacerda (2010), trabalhando em condições de campo com o cultivar BRS 188 – Paraguaçu, encontrou no tratamento mantido a 100% de AD, sua primeira inflorescência em menos tempo que os demais tratamentos. Fernandes (2010), Ferreira et al. (2004a), Ferreira et al. (2004b), Santos et al. (2004a), Santos et al. (2004b), e Nakagawa e Neptune (1971) mostraram que a mamoneira sofre sérias restrições em seu crescimento quando ocorrem baixos teores de nutrientes no solo, sendo menos precoce se comparada com a planta adubada.



**Figura 9.** A) Número de dias para emissão da 1ª inflorescência e B) altura de emissão da 1ª inflorescência da mamoneira, em função da água disponível do solo

O resultado das análises de variância (ANAVA) para a altura da emissão da 1ª inflorescência para a variável cultivar mostra que não houve diferença significativa entre os

cultivares testados, enquanto para a água disponível no solo esta diferença influenciou a nível de 1% ( $p < 0,01$ ). As plantas sem estresse hídrico emitiram sua primeira inflorescência a 65,32 cm de altura, enquanto para as plantas mantidas a 40, 60 e 80% da AD, esta altura foi de 41,63, 52,28 e 55,45 cm, respectivamente.

Através da Figura 9B, verifica-se que o comportamento para este parâmetro foi linear crescente com acréscimos de 0,37 cm de altura para cada aumento unitário do percentual de água no solo.

Lacerda (2006) registrou, em condições de casa de vegetação com ensaio semelhante de disponibilidade de água no solo, uma altura média de emissão da 1ª inflorescência de 77 cm para plantas do cultivar Paraguaçu sem estresse hídrico. Para Barros Júnior (2007), a altura média da primeira inflorescência emitida ocorreu, em média, a 32,88 cm para o cultivar Paraguaçu. Ainda Lacerda (2010) encontrou, em condições de campo, resultados para a altura da emissão da 1ª inflorescência (AEI), nas plantas sem estresse hídrico, sua primeira inflorescência a 70,75 cm de altura e para as plantas mantidas a 90, 80 e 70% da AD, esta altura foi de 60,8, 57,6 e 50,5 cm, respectivamente. Segundo Beltrão (2002), a altura do primeiro racemo é uma característica ligada à precocidade da planta, sendo considerada mais precoce a planta que lança o primeiro racemo em menor altura. Desta forma os resultados encontrados neste trabalho mostram-se concordantes com o autores anteriormente citados.

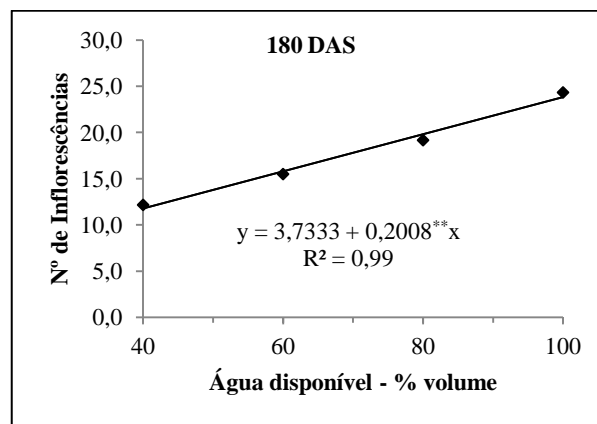
Na Tabela 6 são apresentados os resultados das análises de variância (ANAVA) para o número total de inflorescências emitidas em que se constata que não houve diferença significativa entre os cultivares testados: 17,50 unidades para o cultivar BRS 149 - Nordeste e 18,08 unidades para o cultivar BRS 188 – Paraguaçu, em média. Com relação aos diferentes níveis de água disponível do solo (AD), verifica-se influência significativa a nível de 1% ( $p < 0,01$ ) para o número total de emissão de inflorescências, caracterizando uma resposta da cultura à medida em que se eleva o conteúdo de água disponível no solo (AD).

Observou-se que o número de inflorescências das plantas, em solo com capacidade de campo mantida (100% de AD), foi em média, 24,33, enquanto nos tratamentos com plantas mantidas a 40 60 e 80% de AD, esse número foi, em média, 12,17, 15,5 e 19,17 respectivamente, no final do ciclo.

A regressão para o fator quantitativo água disponível, referente ao número de inflorescências emitidas, é visualizada na Figura 10; nota-se aumento de forma linear, à medida que se elevou a disponibilidade de água no solo para as plantas; o aumento no número de emissões foi de 0,2008 unidades a medida que se elevou o percentual unitário de água no solo.

Lacerda (2010), trabalhando em condições de campo com o cultivar BRS 188 – Paraguaçu, com diferentes níveis de água disponível no solo, encontrou que plantas com tratamento 100% de AD emitiram, em média, 35 inflorescências.

Barros Junior (2007), trabalhando em casa de vegetação, encontrou diferenças significativas na emissão do número de inflorescências para os cultivares Nordestina e Paraguaçu em condições de déficit hídrico; plantas que foram mantidas em solo com 100 % de AD produziram, em média, 08 inflorescências. A redução na floração da mamona pode ser causada por um déficit hídrico severo (GUINN e MAUNEY, 1984).



**Figura 10.** Número de inflorescências da mamoneira em função da água disponível do solo

## 6. CONCLUSÕES

- Os cultivares de mamona BRS 149 – Nordestina e BRS 188 – Paraguaçu, tiveram o mesmo comportamento;
- A redução dos níveis de água disponível no solo diminuiu o crescimento e o desenvolvimento dos cultivares;
- A irrigação com níveis de água ascendentes a partir de 60% de AD, aumentou todas as variáveis de crescimento e desenvolvimento da mamoneira;
- As produtividades dos frutos da mamoneira, variável importantes sob o ponto de vista econômico, aumentou com o nível de água disponível no solo;
- A eficiência da mamona para transformar a água consumida em fitomassa, frutos e sementes aumenta quando se eleva o teor de água disponível no solo, evidenciando a importância dessa variável no comportamento dos cultivares;

## 7. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P.E.P.; ANDRADE, C.L.T. **Uso de planilha eletrônica para a programação da irrigação na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2000. 24p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 5).

ALVAREZ , R de C. F.; RODRIGUES, J. D.; MARUBAYASHI, O. M.; ALVAREZ A. C. C.; CRUSCIOL, C. A.C.; Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (*Arachishypogaea L.*) **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 611-616. 2005.

AMORIM NETO, M. da S.; MEDEIROS, J. da C.; BELTRÃO, N. E. de M.; FREIRE, E. C.; NOVAES FILHO, M. de B. **Zoneamento para a cultura do algodão no Nordeste. II. Algodão herbáceo**. Campina Grande. PB: EMBRAPA - CNPA. 1997. 31p. (EMBRAPA - CNPA. Boletim de Pesquisa. 35).

ANP. Disponível em: <[www.rbb.ba.gov.br/arquivo/512.ppt](http://www.rbb.ba.gov.br/arquivo/512.ppt)>. Acesso em: 21 abr. 2008.

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 mamona (*Ricinus communis L.*) no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 1997. 52 p. (EMBRAPA – CNPA. Circular Técnica, 25).

AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO N. E. de M; SEVERINO, L. S. Manejo cultural In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2007. p.223-253.

BAHIA. Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração. **Diagnóstico e oportunidades de investimento – mamona**. Salvador: CICM/SEBRAE, 1995. v. 5, 63 p.

BARRETO, A. N.; LUZ, M. J. da S. Irrigação e drenagem. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2007. p. 305-331.



BARRETO, H. B. F.; MEDEIROS, J. F. de; MAIA, P. de M. E.; COSTA, E. M. da; OLIVEIRA, L. A. de A. Crescimento de acessos de mamona sob condições de irrigação em MOSSORÓ-RN. **Revista Verde** (Mossoró-RN – Brasil), v. 5, n. 2, p. 123-130, 2010.

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. 1. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004. CD – ROM

BARROS JÚNIOR, G. **Efeito do conteúdo de água do solo, monitorado com TDR, sobre desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamona.** Campina Grande-PB. 2007. 180p. (Tese de Doutorado) Universidade Federal de Campina Grande.

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

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

BELTRÃO, N. E. de M.; **Crescimento e desenvolvimento da mamoneira** (*Ricinus communis* L.). Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002, 4p. (Comunicado Técnico 146).

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C. & MELO, F. de B. **Cultivo da mamona** (*Ricinus communis* L.) **consorciada com feijão caupi** [(*Vigna unguiculata* (L.) Walp] **para o semiárido nordestino, em especial do Piauí.** Campina Grande: EMBRAPA Algodão/EMBRAPA-CPAMN, 2002. 44p.

BELTRÃO, N. E. de M.; **Informações sobre o Biodiesel, em especial feito com o óleo de mamona.** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, Dezembro 2003a, 3p. (Comunicado Técnico 177).

BELTRÃO, N. E. de M.; MELO, F. de B.; CARDOSO, G. D.; SEVERINO, L. S. **Mamona: árvore do conhecimento e sistemas de produção para o semi-árido brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão. 2003a. 19p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica. 70).

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

BELTRÃO, N. E. de M.; FERREIRA, G. B. F.; GONDIM, T. M. de S.; SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; PEREIRA, J. R.; QUEIROZ, U. C. de. **Observações sobre a mamona (*Ricinus communis* L.) asselvajada e cultivada, em areia e em solo próximo do mar**. Campina Grande, PB. 2003b. 4p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico 193).

BELTRÃO, N. E. de M. **Sistema de Produção de Mamona em Condições Irrigadas: Considerações Gerais**. Campina Grande, PB. 2004. 14p. (Embrapa Algodão. Documentos, 132).

BELTRÃO N. E. de M; BRANDÃO, Z. N.; AMORIM NETO, M da S.; ARAÚJO, A. E.; AMARAL, J. A. B. do; Clima e solo In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2007a. p.73-93.

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.; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2007b. p. 117-137.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P de; VIEIRA, D. J. Fisiologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2007c. p. 139-150.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de Crescimento de Plantas (noções básicas)**. 2ª. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

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.

BOLSON, J.; SCHOSSLER, J. E.; ORNES, R. C.; MOTTIN, V.; ALBERTI, T. Análise clínica, radiológica, macroscópica e histológica do úmero de codornas domésticas (*Coturnix japonica*), submetido ao implante da poliuretana derivada do polímero de mamona (*Ricinus communis*). **Ciência Rural**, v.35, n.5, p. 1123-1130, 2005.

BRASIL. RESOLUÇÃO CNPE Nº 5, DE 3.10.2007 – DOU 5.10.2007 – RETIFICADA DOU 8.10.2007. Disponível em: < [http : // nxt.anp.gov.br / NXT / gateway.dll / leg / folder\\_resolucoes / resolucoes\\_cnpe / 2007 / rcnpe%20%20 - %202007.xml](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/folder_resolucoes/resolucoes_cnpe/2007/rcnpe%20-%202007.xml) > . Acesso em: 21 abr. 2008a.

BRASIL. RESOLUÇÃO CNPE Nº 2, DE 13.3.2008 - DOU 14.3.2008. Disponível em: <[http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/folder\\_resolucoes/resolucoes\\_cnpe/2008/rcnpe%20%20-%202008.xml](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/folder_resolucoes/resolucoes_cnpe/2008/rcnpe%20-%202008.xml)>. Acesso em: 21 abr. 2008b.

CARNEIRO, R. A. F. A produção do biodiesel na Bahia. **Revista Conjuntura e Planejamento**, n.112, p.35-43, 2003.

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

CARVALHO, M. **Variações morfofisiológicas e eficiência do uso da água em *Ricinus communis* L. submetida ao déficit hídrico regulado**. Ilhéus-BA. 2010. 95p. (Dissertação de mestrado) Universidade Estadual de Santa Cruz.

CAVALCANTI, M. L. F.; BARROS JÚNIOR, G.; CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTI, R. S. Crescimento inicial da mamoneira submetido à salinidade da água de irrigação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.4, n.1, p.1-8, 1º semestre de 2004.

CASTRO, C. P. de. **O programa nacional de produção e uso do biodiesel (PNPB) e a**

**produção de matéria-prima de óleo vegetal no norte e no nordeste.** 1613 – Texto para discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Rio de Janeiro, mai. 2011. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/publicações/tds/TD\\_1613\\_WEB.pdf](http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/publicações/tds/TD_1613_WEB.pdf)>. Acesso em 23 out. 2011.

CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.42, p.1-16, 1991.

CHAVES, M. M.; MAROCO, J. P.; PEREIRA., J. S. Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**. Collingwood. v.30. p.239-264. 2003.

CHIERICE, G.O.; CLARO NETO, S. Aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2007. p.417-447.

CONAB. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Diversos acessos.

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

COSTA da, H. M.; RAMOS, V. D.; ABRANTES, T. A. S.; CASTRO de, D. F.; VISCONTE, L. L. Y.; NUNES, R. C. R.; FURTADO, C. R. G. Efeito do Óleo de Mamona em Composições de Borracha Natural Contendo Sílica. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 14, n 1, p. 46-50, 2004.

COSTA, M. N. da; PEREIRA, W. E.; BRUNO, R. de L. A.; FREIRE, E. C.; NÓBREGA, M. B. de M.; MILANI, M.; OLIVEIRA, A. P. de. Divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.11, p.1617-1622, 2006.

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

DIAS, J. M.; SILVA, S. M. S.; GONDIM, T. M. de S.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M.; BEZERRA, J. R. C.; VASCONCELOS, R. A. de. Efeito de diferentes quantidades de água de irrigação e de densidades populacionais na cultura da mamona. In: 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1. 2006, Aracajú. **Anais...**Sergipe: Embrapa, 2006. 1 CD-ROM.

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

EMBRAPA. **BRS Paraguaçu e BRS Nordestina: Tecnologia EMBRAPA para o semi-árido.** Brasília: EMBRAPA-SPI, Campina Grande, 2004.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos.** Rio de Janeiro, 1977. 212 p. (EMBRAPA-CNPS, Documentos, 1).

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas.** Brasília. 1989. 425p. (EMBRAPA/DPU. Documento, 18).

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v.29, p.185-212, 2009.

FERERES, E.; SORIANO, M. A. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. **Journal of Experimental Botany**, v.58, n.2, p.147–159, 2007.

FERNANDES, J. D. **Análise técnica e econômica da adubação mineral e orgânica sob o cultivo da mamona e do pinhão manso.** Campina Grande. 2010. 195p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande.

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

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

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; SANTOS, A. C. M.; XAVIER, R. M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M., DANTAS, J. P.; MORAES, C. R. de A. Deficiência do enxofre e micronutrientes na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1., 2004, Campina Grande. Energia e Sustentabilidade, **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004b. 1 CD-ROM.

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

FRAZILIO, F. de O.; ROSSI, R. de.; NEGRINI NETO, J. M.; FACCOI, G. G.; OVANDO, T. M.; FIALHO, M. P. F. Use of castor oil polyurethane in an alternative technique for medial patella surgical correction in dogs. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 74-79, 2006.

FREITAS, C. A. S. de. **Comportamento de três cultivares de mamona a cinco níveis de irrigação por gotejamento em Pentecoste - CE**. Fortaleza. 2009. 68p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia - Área de Concentração Irrigação e Drenagem). Universidade Federal do Ceará.

FREITAS, C. A. S. de; BEZERRA, F. M. L.; SILVA, A. R. A. da; PEREIRA FILHO, J. V.; FEITOSA, D. R. C. Comportamento de cultivares de mamona em níveis de irrigação por gotejamento em Pentecoste, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.1059-1066, 2010.

GARCIA, J. R. **O programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel Brasileiro e a Agricultura Familiar na Região Nordeste**. Campinas-SP. 2007. (Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Econômico). Instituto de Economia/Unicamp.

GONÇALVES, N. P.; KAKIDA, J.; LELES, W. D. Cultivares de mamona. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte. v. 7, n. 82, p. 31-33, 1981.

GONÇALVES, N. P.; FARIA, M. A. V. R.; SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D. Cultura da mamoneira. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte. v. 26, n. 229, p. 28-32, 2005.

GONDIM, T. M. de S.; NÓBREGA, M. B. de M.; SEVERINO, L. S.; VASCONCELOS, R. A. de. Adensamento de mamoneira sob irrigação em Barbalha. CE. In: Congresso Brasileiro de Mamona. 1. 2004. Campina Grande. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004. CD – ROM.

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.

HECKENBERGER, U.; ROGGATZ, U.; SCHURR, U. Effect of drought stress on the cytological status in: *Ricinus communis*. **Journal of Experimental Botany**. Oxford. v.49. p.181-189, 1998.

JACKSON, R. B.; SPERRY, J. S.; DAWSON, T. E. Root water uptake and transport: using physiological processes in global prediction. **Trends in Plant Science**. London. v.5. p.482-488. 2000.

JALEEL, C. A., R. GOPI, B. SANKAR, M. GOMATHINAYAGAM AND R. PANNEERSELVAM. Differential responses in water use efficiency in two varieties of *Catharanthus roseus* under drought stress. **Comptes Rendus Biologies**. v.331, p.42-47, 2008.

JANICK, J. A **Ciência da horticultura**. São Paulo: Freitas Bastos, 1968. p.206.

KHAN, M. I. Topping effect in castor crop. **Journal Agricultural Research**, Lahore, v.11, n.4, p.1-8, 1973.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres. 1985

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Water requirements for castor oil crop (*Ricinus communis* L.) in a Mediterranean climate. **Journal of Agronomy & Crop Science**, v.184, p.33-41, 2000.

KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. **Growth control in woody plants**. San Diego: Academic Press. 1997. 641p.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water Relations of Plants and Soils**. San Diego: Academic Press. 1995. 495p.

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 de mestrado) Universidade Federal de Campina Grande.

LACERDA, R. D. de. **Resposta da mamona à disponibilidade de água e matéria orgânica no solo, em dois ciclos com manejo de poda**. Campina Grande-PB. 2010. 141p. (Tese de Doutorado) Universidade Federal de Campina Grande.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. PRADO, C. H. B. A. (Trad.). São Carlos: Rima, 2006. 531p.

LAUREANO FILHO, J. R.; CASTELO BRANCO, B. de L.; ANDRADE, E. S. S.; BARBOSA, J. R. de A. Comparação histológica entre o osso desmineralizado e polímero de mamona sobre a regeneração óssea. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**. v.73, n.2, p.186-192, 2007.

LAURETI, D. MARRAS, G. Irrigation of castor (*Ricinus communis* L) in Italy. **European Journal of Agronomy**. v. 4. p.229-235. 1995.

LEVITT, J. **Response of plants to environmental stress**. II: Water radiation. salt and other stress. New York: Academic Press. 1980. 606p.

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



MADAIL, J. C. M.; BELARMINO, L. C.; NEUTZLING, D. M. **Aspectos econômicos da mamona (*Ricinus communis* L.) e estudo da rentabilidade no Rio Grande do Sul.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 32. EMBRAPA, ISSN 1678-2518, Novembro, Pelotas/RS, 2006. p.38.

MARSHALL, J. G.; DUMBROFF, E. B. Tugor Regulation via Cell Wall Adjustment in White Spruce. **Plant Physiology**. Rockville. v.119. p.313–319. 1999.

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

MEDEIROS, G. A. **Influência do manejo de um latossolo vermelho sobre a eficiência do uso da água e produção do feijoeiro irrigado.** Campinas-SP. 2002. 176p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

MEDEIROS, G. A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI. Eficiência do uso da água do feijoeiro irrigado: influência da densidade de plantio. **Revista Ecosistema**, v.28, n.1,2, p.83-90, 2003.

MEDRANO, H.; ESCALONA, J. M.; BOTA, J.; GULÍAS, J.; FLEXAS, J. Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. **Annals of Botany**. v.89, p. 895-905, 2002.

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.

MOREIRA, L.G.; VIANA. T.V. de A.; MARINHO, A.B.; NOBRE, J.G.A.; LIMA A.D.; ALBUQUERQUE, A.H.P. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produtividade da mamoneira variedade IAC Guarani. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, p.449-455, 2009.

NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A. M. L. Marcha de absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivar Campinas. **Anais**

da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v.28, p.323-337, 1971.

NAM, N. H., CHAUHAN, Y. S.; JOHANSEN, C. Effect of timing of drought stress on growth and grain yield of extra-short-duration pigeonpea lines. **Journal of Agricultural Science**, v.136, p.179–189, 2001.

NASCIMENTO, M. B. H. do; LIMA, V.L.A. de; BELTRÃO, N.E. de M.; SOUZA, A.P. Utilização de água residuária e biossólido na cultura da mamona: Crescimento e desenvolvimento. In: Congresso Brasileiro de Mamona - Energia e Sustentabilidade, 1, 2004. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 5p.

NOBRE, J. G. A. **Respostas da mamona à irrigação e à aplicação de potássio em argissolo Vermelho - amarelo**. Fortaleza. 2007. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração Irrigação e Drenagem) Universidade Federal do Ceará.

OXFORD Instruments. **Oxford 4000**: instructions manual. England, 1995. p. irr.

PARENTE, E. J. S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: Tecbio, 2003. 68p.

PONTES, C. A.; BEZERRA, F. M. da.; PAULINO, S. S. de S. PEREIRA FILHO, J. V.; FREITRAS, C. A. de. Avaliação da produtividade da cultivar de mamona BRS Paraguaçu sob diferentes laminas de irrigação e doses de potássio. IX Congresso latino y Del Caribe de Ingenieria Agricola. XXXIX - Congresso Brasileiro de Engenharia Agricola. 16. **Anais...** Vitoria: SBEA. 2010. CD ROM. 2010.

POPOVA, G. M.; MOSHKIN, V. A. Botanical classification. In: MOSHKIN, V. A. **Castor**. New Delhi: Amerind. 1986. 315p.

RICHARDS, L. A. Physical conditions of water in soil. In: BLACK, C. A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.128-152.

RODRIGUES, R. F. de O.; OLIVEIRA, F. de.; FONSECA, A. M. As folhas de Palma Christi – *Ricinus communis* L. *Euphorbiaceae* Jussieu. Revisão de conhecimentos. **Revista Lacta**,

v.20, n.2, p.183-194, 2002.

RODRIGUES, L. N.; NERY, A. R.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. M.; GHEYI, H. R. Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, Supl.0, novembro/dezembro 2009.

RODRIGUES, L. N. **Níveis de reposição da evapotranspiração da mamoneira irrigada com água residuária**. Campina Grande. 2008. 161p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande.

ROMERO, P.; BOTÍA, P. Daily and seasonal patterns of leaf water relations and gas Exchange of regulated deficit-irrigated almond trees under semiarid conditions. **Environment and Experimental Botany**, v.56, p.158-173, 2006.

SALINAS, L. H. Y. Evaluation del sistema de riegos por surcos. **Boletín Técnico**. USA: Department of agricultural and Irrigation Engineering. n.2, oct. 1980.

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 morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

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

SANTOS, A. C. M.; FERREIRA, G. B.; XAVIER, R. M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; DANTAS, J. P.; MORAES, C. R. de A. Deficiência de cálcio e magnésio na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In:

Congresso Brasileiro de Mamona, 1., 2004, Campina Grande. Energia e Sustentabilidade, **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004b. 1 CD-ROM.

SANTOS, R. F. dos; KOURI, J.; BARROS, M. A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. de T.; REQUIÃO, L. E. G. Aspectos econômicos do agronegócio da mamona In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2007. p.22-41.

SAUSEN, T. L. **Respostas fisiológicas de Ricinus comunis à redução na disponibilidade de água no solo**. Dissertação. 71p. (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2007.

SAVY FILHO, A. **Mamona – Tecnologia Agrícola**. 1ed. Campinas: Emopi. 2005, 105p.

SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO / GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ (SDA/CE). Projeto Biodiesel do Ceará: agosto/2008. Material impresso cedido pela SDA.

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. I. 2004. Campina Grande. PB. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004. CD –ROM. (a)

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

SILVA, M. de F. M. M. da. **Sistemas produtivos de mamona para a produção de matéria-prima para biodiesel na região Nordeste do Brasil**. Brasília, 2009. 170p. (Dissertação de mestrado) Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária.

SILVA, S. M. S. e.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, L.S.; DIAS, J. M.; NASCIMENTO, R. T. do. Produtividade da cultivar BRS ENERGIA em função da lâmina de irrigação e populações de plantas. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1. 2008, Salvador. **Anais...**Salvador: Embrapa, 2008. 1 CD-ROM.

SILVA, S. D. A.; GOMES, C. B.; UENO, B.; ANTHONISEN, D. G.; GALHARÇA, S. P.; BAMMANN, I.; ZANATTA Z. G. C. N. Avaliação de cultivares de mamona em Pelotas - RS, Safra 2003/04. In: 1º CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CDROM.

SILVA, V. **Características fisiológicas de cultivares de mamoneira (*Ricinus communis* L.) no Recôncavo Baiano**. Cruz das Almas, BA. 2008. 73p. (Dissertação de mestrado) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

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

SOUZA, A. dos Santos; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; BEZERRA, F. M. L. Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. I – componentes de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.4, p.414-421, 2007.

SOUZA, N. C. de; MOTA, S. B.; BEZERRA, F. M. L.; AQUINO, B. F. de; SANTOS, A. B. dos. Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.478-484, 2010.

SOUSA, P. de S.; PORTO FILHO, F. de Q.; MEDEIROS, J. F. de.; MESQUITA, T. de O.; OLIVEIRA, C. J. da S.; ALMEIDA NETO, A. J. de.; DIAS, A. F. de S. Eficiência do uso da água pela mamoneira sob diferentes lâminas de Irrigação. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1. 2008, Salvador. **Anais...**Salvador: Embrapa, 2008. 1 CD-ROM.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Piracicaba, Artmed. 720p, 2004.

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

TEIXEIRA, L. C. Potencialidade de oleaginosas para produção de biodiesel. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v.26, n.229, p.18-27, 2005.

UDOP. **Antecipada adição de 3% de biodiesel**. Disponível em: < <http://www.udop.com.br/geral.php?item = noticia&cod = 86266> >. Acesso em: 29 fev. 2008.

WEISS, E.A. Castor. In: WEISS, E.A. **Oil seed crops**. London: Longman, 1983. p.31-99.

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

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.

XAVIER, J. F. **Águas residuárias provenientes de indústrias e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS Nordeste**. Campina Grande-PB. 2007. 101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande.

ZHU, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Biology**. Palo Alto. v.53. p.247-273. 2002.

**ANEXOS**

## ANEXO I

## DADOS CLIMÁTICOS - LAGOA SECA, PB

DADOS PLUVIOMÉTRICOS (mm) DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE LAGOA SECA - PB													
MESES						ANO: 2008						Total	
DIAS	JAN	FEV	MAR	ABRIL	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
1	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	6,3	51,1	0,0	0,3	0,0	0,0		0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,9	21,9	0,0	0,0	0,3	0,0		0,0
3	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0	13,4	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0		0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	1,8	7,9	9,1	0,0	0,0		0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0		0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0		0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	7,0	11,5	14,1	0,0	0,0	0,0		0,0
8	0,0	0,0	0,0	1,6	11,2	24,8	2,1	35,7	0,0	0,0	0,0		0,0
9	0,0	0,0	0,0	22,0	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	7,3	3,7	0,0	0,0		0,0
12	6,3	0,0	0,0	0,0	16,8	0,0	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0		0,0
13	0,0	0,0	2,0	0,0	20,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0		11,6
14	8,3	0,0	0,0	4,6	0,7	0,0	7,5	0,6	0,0	0,0	0,0		0,0
15	0,0	0,0	0,0	15,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0		0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0
17	27,0	7,6	1,2	0,0	0,0	15,7	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	18,7	2,8	5,2	10,7	0,0	0,0	0,0		0,0
19	0,0	0,0	23,4	0,0	2,6	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0		0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0



MESES													ANO: 2008	
DIAS	JAN	FEV	MAR	ABRIL	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total	
21	3,4	0,0	36,6	0,0	0,0	0,0	10,8	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0		
22	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0		
23	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0	2,8	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
24	0,0	0,0	22,0	25,4	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0		
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
26	0,0	0,0	73,1	0,0	0,5	5,9	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0		
27	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
28	0,0	0,0	13,2	2,0	29,8	0,0	17,5	12,4	0,2	0,0	0,0	0,0		
29	0,0		1,4	11,9	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0		
30	0,0		16,6	0,0	0,0	9,2	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
31	0,0		14,6		0,0		2,7	0,0		0,0		0,0		
TOTAIS	45,0	7,6	204,1	95,0	122,9	128,0	165,7	107,2	37,4	6,0	0,0	11,6	930,5	

DADOS PLUVIOMÉTRICOS (mm) DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL. DE LAGOA SECA - PB														
MESES													ANO: 2009	
DIAS	JAN	FEV	MAR	ABRIL	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total	
1	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,3	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
2	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	25,0	8,7	4,2	0,4	0,0	0,0	0,0		
3	0,0	1,2	29,5	0,0	0,0	5,2	10,2	1,5	0,6	0,0	0,0	0,0		
4	0,0	5,2	4,9	0,0	0,0	0,0	28,8	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0		
5	0,0	19,6	0,0	0,0	0,0	1,2	1,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0		
6	0,0	0,0	0,3	0,0	0,8	0,0	13,9	20,9	0,0	0,0	0,0	0,0		
7	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	30,0	26,8	13,1	0,0	0,0	0,0	1,3		
8	0,0	0,0	0,0	0,2	0,8	7,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		

MESES													ANO: 2009
DIAS	JAN	FEV	MAR	ABRIL	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
10	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0	0,8	3,6	15,6	0,2	0,0	0,0	0,0	
11	0,0	0,0	0,0	60,8	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	
12	0,0	1,2	0,0	11,0	0,0	13,6	0,0	0,4	12,6	0,0	0,0	0,0	
13	0,0	0,0	0,5	0,0	2,5	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
14	0,0	0,0	0,0	8,6	2,1	0,0	3,2	2,7	2,8	0,0	3,8	0,0	
15	0,0	0,0	0,0	13,1	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	1,1	
16	9,9	0,0	0,0	7,2	0,0	4,6	0,8	0,4	4,4	0,0	0,0	0,0	
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
18	0,0	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
19	0,0	0,0	0,0	9,0	7,4	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
20	0,0	0,0	0,0	31,0	0,0	9,6	13,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
21	0,0	44,8	0,0	0,1	0,0	10,6	0,3	5,9	0,6	0,0	0,0	0,0	
22	0,0	0,0	0,0	0,0	13,5	0,0	16,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
23	0,0	56,0	0,0	52,9	13,0	20,2	21,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	
24	0,0	14,5	0,0	0,0	9,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
26	0,0	20,5	1,0	0,0	0,1	3,0	0,0	43,3	0,0	0,0	0,0	0,0	
27	0,0	0,0	1,4	0,0	7,8	7,6	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	
28	0,0	0,0	0,0	6,7	4,6	1,8	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	
29	0,0	---	0,0	4,6	1,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	
30	0,0	----	4,2	9,9	0,0	1,2	0,1	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	
31	15,9	----	1,2		9,4	---	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	
TOTAIS	25,8	163,0	56,0	224,1	84,5	146,6	177,7	121,9	27,7	0,0	11,5	3,7	1.042,5

Total

## 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
Maio	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 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
Maio	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	-

## ANEXO II

**Cronograma do experimento.**

<b>Data</b>	<b>Discriminação das atividades</b>
25 de Outubro de 2008	Plantio (3 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 Ureia e KCl
16 de Novembro de 2008	Aplicação de inseticida (Decis)
24 de Novembro de 2008	Aplicação de inseticida Folicur e Adubação foliar à 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 à base de zinco e cobre
13 de Dezembro de 2008	Adubação com ureia 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 ureia 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 ureia e KCl
23 de Fevereiro de 2009	3ª Biometria (120 dias)
04 de Março de 2009	Adubação com ureia 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 ureia e KCl
24 de Março de 2009	4ª Biometria (150 dias)
05 de abril de 2009	Adubação com ureia e KCl
23 de Abril de 2009	5ª Biometria (180 dias)