

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CURSO DE MESTRADO EM AGRONOMIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**CLEY ANDERSON SILVA DE FREITAS**

**Comportamento de três cultivares de mamona a cinco níveis de irrigação por  
gotejamento em Pentecoste - CE**

**Fortaleza-Ceará**

**2009**

**Cley Anderson Silva de Freitas**

**Comportamento de três cultivares de mamona a cinco níveis de irrigação por gotejamento em Pentecoste - CE**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Francisco Marcus Lima Bezerra,  
Dr - UFC

**Fortaleza – Ceará**

**2009**

F936c Freitas, Cley Anderson Silva de  
Comportamento de três cultivares de mamona a cinco níveis de irrigação  
por gotejamento em Pentecoste-Ce / Cley Anderson Silva de Freitas, 2009.  
69 f. ; il. color. enc.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra  
Área de concentração: Irrigação e Drenagem  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de  
Ciências Agrárias. Depto. de Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2009.

1. Ricinus communis L. 2. Gotejamento 3. Semi-árido 4. Tanque Classe  
"A" I. Bezerra, Francisco Marcus Lima (orient.) II. Universidade Federal  
do Ceará – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola III. Título

CDD 630

**Cley Anderson Silva de Freitas**

**Comportamento de três cultivares de mamona a cinco níveis de irrigação por gotejamento em Pentecoste - CE**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em 13/02/2009

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. PhD João Bosco Pitombeira (conselheiro)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. Anielson dos Santos Souza (conselheiro)  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Aos meus pais **Clairton Lima** e **Maria Cleuza**, por todo amor dedicado e confinhaça. Aos meus irmãos **Claisa**, **Cleirton**, **Dryca**, **Luiz Neto** e **Hans**, pelo companheirismo e amor fraternal. A minha digníssima noiva **Isabella** pelo apoio, amor e paciência.

## OFEREÇO

À **Deus**, por todas as oportunidades de minha vida, por minha família maravilhosa e por minha saúde. A **minha adorável família**, responsáveis pelo que sou hoje. À minha noiva, **Isabella Andrade da Costa**, por todo apoio e amor.

## DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por estar sempre ao meu lado nas oportunidades e dificuldades de minha vida.

Ao professor Francisco Marcus Lima Bezerra, pela orientação, apoio, paciência, dedicação, profissionalismo, credibilidade e amizade.

À Universidade Federal do Ceará (UFC), especialmente ao Curso de Mestrado em Irrigação e Drenagem (CMID), pela oportunidade de realização do curso e pelo apoio moral e material.

Ao Banco do Nordeste do Brasil pelo apoio financeiro através do projeto de pesquisa intitulado “Produtividade e crescimento de três cultivares de mamona em resposta a diferentes lâminas de água”.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos, que foi de fundamental importância para a realização deste trabalho.

À minha Família e a minha noiva, Isabella, pela valiosa ajuda no campo da língua portuguesa.

A todos os professores do curso de agronomia, em especial aos que fazem parte da família DENA, por todos os ensinamentos e embasamentos científicos.

Aos dedicados bolsistas, João Valdenor Pereira Filho e Alexandre Reuber Almeida da Silva, pelo apoio que apesar de todos os compromissos estudantis, me apoiaram incessantemente durante toda pesquisa.

Ao Jarder pela valiosa contribuição de campo, pela amizade e profissionalismo.

Aos meus amigos Sidney Malveira, Carmem Mareco, Alexandre Costa, Clenio Jairo, Jéferson Nobre, Firmino Canafistula, Daniele, Yuri, Mário, Beatriz, Edvan e todos os funcionários do DENA pela amizade e agradável convivência durante o curso.

*A bondade é a flor mais atraente do jardim de um coração bem cultivado. Plante sempre estas flores.*

## **Comportamento de três cultivares de mamona a cinco níveis de irrigação por gotejamento em Pentecoste - CE**

### **RESUMO**

O uso da irrigação em cultivares melhoradas tende a favorecer o aumento da produtividade da mamoneira no semi-árido. Assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o comportamento das variáveis produtivas de três cultivares de mamoneira de importância agrícola (IAC Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu) a cinco níveis de irrigação por gotejo. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste, Ceará, Brasil. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, composto de cinco tratamentos nas parcelas, com três cultivares nas subparcelas e três repetições. Os tratamentos constituíram-se em cinco níveis de irrigação baseados na evaporação do tanque Classe "A" ECA (T1 = 0,25 ECA; T2 = 0,50 ECA; T3 = 0,75 ECA, T4 = 1,00 ECA; T5 = 1,25 ECA). Houve diferença estatística entre as cultivares, as variáveis comprimento e número de frutos por racemos foram maiores para a cultivar IAC Guarani, enquanto o teor de óleo e número de racemos por planta foram maiores para cultivar Mirante 10. Já a BRS Paraguaçu destacou-se das demais cultivares quanto a massa do racemo, massa dos frutos, massa de cem sementes e potencial produtivo. Não houve efeito significativo da variável teor de óleo com as lâminas de irrigação. Verifica-se maior teor de óleo (40,64 %), nas sementes da cv. Mirante 10, com a lâmina máxima aplicada de 913,4 mm. A melhor eficiência do uso da água foi obtida com o tratamento T5 (913,4 mm) na cultivar BRS Paraguaçu, que resultou na produtividade de 2872,42 kg ha<sup>-1</sup>. Os racemos secundários foram os que mais contribuíram com a produtividade total.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis* L., gotejamento, semi-árido, tanque Classe "A".

## **Answers of three castor cultivars under five levels of irrigation in Pentecoste – CE**

### **ABSTRACT**

The use of the irrigation in cultivars improved has a tendency to favor the increase of the productivity of castor in the semi-arid. This work was carried out in Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste, Ceará, Brazil and the objective of the present study was to evaluate the productive characteristics of three castor cultivars of high agricultural importance (IAC Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu) under different levels of irrigation. The experimental delineation used was of the blocks at random with subdivided parcels, composed of five treatments in the parcels, with three cultivars in the sub parcels and three repetitions. The treatments was constituted in five levels of irrigation based on the evaporation of the tank Class "A" ECA (T1 = 0,25 ECA; T2 = 0,50 ECA; T3 = 0,75 ECA; T4 = 1,00 ECA; T5 = 1,25 ECA). The result, found a significant effect between cultivars. The variables length and number of fruits per racemes were higher for the IAC Guarani, while the tenor of oil and number of racemes per plant were higher for the Mirante 10. However the Paraguaçu BRS stood out of the rest of cultivars as for the mass of the raceme, mass of the fruits, mass of hundred seeds and productive potential. There was no significant effect of variable tenor of oil with the blades of irrigation. The Mirante 10 presented the largest tenor of oil (40,64 %), with the maximum blade used of 913,4 mm. The best efficiency of the use of the water was obtained by the treatment T5 (913,4 mm) in the BRS Paraguaçu, what turned the productivity of 2872,42 Kg ha<sup>-1</sup>. The secondary racemes were that more contributed with the total productivity.

Key-Words: *Ricinus communis* L., dropping, semi-arid, tank class "A".

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** - Localização da área experimental FEVC, Pentecoste, CE, 2007.....27
- FIGURA 2** - Amostra composta de solo, da área experimental, para caracterização química. FEVC, Pentecoste, CE, 2007.....28
- FIGURA 3** - Fotos da cultivar IAC Guarani, sementes, caule, folhas e da cultura em campo. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.....30
- FIGURA 4** - Fotos da cultivar Mirante 10, sementes, caule, folhas e da cultura em campo. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.....31
- FIGURA 5** - Fotos da cultivar BRS Paraguaçu, sementes, caule, folhas e da cultura em campo. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.....31
- FIGURA 6** - Vista geral da área experimental (A) e da parcela detalhada (B). FEVC, Pentecoste, CE, 2007.....32
- FIGURA 7** - Croqui da área experimental.....33
- FIGURA 8** - Instalação do sistema de irrigação e seus componentes. FEVC, Pentecoste, CE, 2007.....34
- FIGURA 9** - Período de germinação da cultura. FEVC, Pentecoste, CE, 2007.....36
- FIGURA 10** – Obtenção das vazões de quatro gotejadores ao longo da linha lateral e de quatro linhas laterais, para determinação do coeficiente de uniformidade de aplicação Cu (Keller; Karmeli,1975).....37
- FIGURA 11** - Fertilizantes usados na fertirrigação e tubo de Ventury. FEVC, Pentecoste, CE, 2007.....38
- FIGURA 12** - Colheita gradual e identificação dos racemos em campo. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.....40

<b>FIGURA 13</b> - Protótipo de um descascador de mamona. Fortaleza, CE, 2008.....	41
<b>FIGURA 14</b> - Medição do comprimento dos racemos das três cultivares, IAC Guarani (IAC.), Mirante 10 (Mir.) e BRS Paraguaçu (BRS).....	42
<b>FIGURA 15</b> - Comprimento do racemo (A), Massa do racemo (B) e número de racemos por planta (C), em função das lâminas de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.....	48
<b>FIGURA 16</b> - Média da massa de cem sementes para as três cultivares. As letras diferentes nas colunas indicam que as médias diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p = 0,05$ ). FEVC, Pentecoste, CE, 2008.....	51
<b>FIGURA 17</b> - Massa dos frutos do racemo (A), Massa de cem sementes (B), em função das lâminas de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.....	52
<b>FIGURA 18</b> - Número de racemos por planta, em função das lâminas de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.....	56
<b>FIGURA 19</b> - Produção média de grão por planta das três cultivares (A), Potencial produtivo médio por hectare das três cultivares (B). As letras diferentes nas colunas indicam que as médias diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p = 0,05$ ). FEVC, Pentecoste, CE, 2008.....	57
<b>FIGURA 20</b> - Potencial produtivo das cultivares IAC Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu, em função das lâminas de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.....	58
<b>FIGURA 21</b> - Contribuição relativa dos racemos de primeira a terceira ordem na produtividade total das cultivares IAC Guarani (A), Mirante 10 (B) e BRS Paraguaçu (C), com o aumento dos níveis de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.....	60

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1** - Atributos químicos do solo da área experimental. FEVC, Pentecoste, CE, 2007.....29
- TABELA 2** - Quantidade de nutrientes distribuídos via fertirrigação, para a cultura da mamoneira. FEVC, Pentecoste, CE, 2007.....39
- TABELA 3** - Resumo da análise de variância para os dados de comprimento de racemo, massa de racemo e número de frutos por racemo de três cultivares de mamona “IAC Guarani”, “Mirante 10” e “BRS Paraguaçu”, cultivada sob cinco níveis de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.....45
- TABELA 4** - Valores médios de comprimento dos racemos, massa do racemo e número de frutos por racemo das três cultivares, cultivada em diferentes níveis de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.....46
- TABELA 5** - Resumo da análise de variância para os dados de massa dos frutos do racemo, massa de cem sementes e teor de óleo das sementes de três cultivares de mamona “IAC Guarani”, “Mirante 10” e “BRS Paraguaçu”, cultivada sob cinco níveis de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.....49
- TABELA 6** - Massa dos frutos por racemo das três cultivares, cultivada sob diferentes níveis de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.....50
- TABELA 7** - Resumo da análise de variância para os dados de número de racemos por planta, produção de sementes por planta e potencial produtivo por hectare de três cultivares de mamona “IAC Guarani”, “Mirante 10” e “BRS Paraguaçu”, cultivada sob cinco níveis de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.....54
- TABELA 8** - Número médio de racemos por planta das três cultivares, cultivada sob diferentes níveis de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.....55

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>5</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>11</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
2.1 Histórico.....	16
2.2 Descrição botânica e morfológica.....	16
2.3 Importância comercial e socioambiental.....	18
2.4 Aspectos relacionados à produção da cultura.....	19
2.4.1 Principais produtores.....	19
2.4.2 Cultivares.....	19
2.4.3 Estresse hídrico.....	21
2.4.4 Temperatura.....	21
2.4.5 Altitude.....	22
2.5.4 Espaçamento.....	22
<b>2.7 Irrigação na mamoneira.....</b>	<b>23</b>
<b>2.8 Efeito da irrigação nas componentes de produção.....</b>	<b>24</b>
<b>2.9 Método do tanque Classe “A” para o manejo da irrigação.....</b>	<b>26</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>27</b>
3.1 Caracterização da área experimental.....	27
3.1.1 Localização.....	27
3.1.2 Clima.....	27
3.1.3 Solo.....	28
3.2 Cultura.....	29
3.2.1 IAC Guarani.....	29
3.2.2 Mirante 10.....	30
3.2.3 BRS Paraguaçu.....	31
3.3 Descrição do experimento.....	32
3.3.1 delineamento experimental.....	32
3.4 Preparo da área.....	33

3.5	Instalação do sistema de irrigação e composição.....	34
3.6	Adução.....	35
3.7	Instalação e condução da cultura no campo.....	35
3.7.1	Semeadura e estabelecimento da cultura .....	35
3.7.2	Irrigação e Fertirrigação.....	36
3.7.3	Controle de ervas daninha e fitossanitário.....	40
3.8	Colheita e Beneficiamento.....	40
3.9	Características avaliadas.....	41
3.9.1	Comprimento dos racemos.....	41
3.9.2	Número de frutos por racemo.....	42
3.9.3	Massa dos racemos e massa dos frutos por racemo.....	42
3.9.4	Número de racemos por planta.....	43
3.9.5	Contribuição relativa da ordem dos racemos e produção de grãos por planta.....	43
3.9.6	Massa de cem sementes e teor de óleo.....	43
3.10	Análise estatística.....	43
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>45</b>
4.1	Comprimento, massa e número de frutos do racemo.....	45
4.2	Massa de frutos por racemo, massa de sementes e teor de óleo.....	49
4.3	Número de racemos por planta, produção por planta e potencial produtivo.....	53
4.4	Contribuição relativa da ordem do racemo no potencial produtivo.....	59
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>62</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>63</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A mamoneira é uma oleaginosa que possui várias aplicações industriais. O óleo é o principal produto, e pode ser utilizado na fabricação de tintas, vernizes, sabões, fibras sintéticas, plásticos, corantes, lubrificantes, bem como combustível de motores a diesel.

O uso do óleo da mamona para produção de biodiesel vem sendo bastante incentivado, por ser uma cultura de ampla adaptação climática, capaz de produzir tanto na região norte quanto ao sul do Brasil. Outro aspecto importante deve-se ao fato do biodiesel, ser um combustível renovável o que causa menores danos ao meio ambiente.

No Brasil, a região sudeste registra os maiores rendimentos de grãos por hectare plantado, contudo é o Nordeste o responsável por aproximadamente 90 % da produção nacional. Tal fato decorre da existência de extensas áreas destinadas a produção desta cultura no Nordeste, de aproximadamente 146,3 mil hectares, o que representa cerca 95 % da área total brasileira destinada ao cultivo da oleaginosa (CONAB, 2008). Esta produção advém basicamente de pequenos e médios produtores que usam a mamona como segunda cultura em sistemas de plantios consorciados.

A baixa produtividade registrada para a região Nordeste em especial para o estado do Ceará ( $878 \text{ kg ha}^{-1}$ ), que é o 2º produtor nacional, advém da baixa e irregular precipitação pluvial, pois embora a mamoneira seja uma cultura adaptada ao semi-árido, não significa que sua produção não seja influenciada pela quantidade de água disponível no solo.

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 na zona padrão de ocupação das raízes, evitando desperdício de água e saturação do perfil do solo na área de cultivo. Esses fatores evidenciam a necessidade de estudos sobre manejo da irrigação nesta cultura. O manejo e a qualidade da água da irrigação podem implicar em redução ou aumento da produtividade para a mamoneira (BARRETO; AMARAL, 2004).

Em alguns trabalhos tem sido verificado aumento na produtividade com o uso da irrigação quando comparado ao cultivo de sequeiro. A exemplo, Carvalho

(2005) obteve aumento de 166 % do potencial de produtivo da cultivar BRS Paraguaçu em condições irrigadas, quando se compara com a produtividade do cultivo em sequeiro. Já Beltrão et al. (2004) trabalhando com a cv. BRS Paraguaçu obteve produtividade média de 5.000 kg ha<sup>-1</sup> com uso da fertirrigação e aplicação de 1.000 mm de água por ciclo.

Além do manejo da irrigação, as divergências genéticas entre as cultivares fazem com que estas respondam de formas distintas ao meio em que são cultivadas. Correia et al. (2006) obtiveram produtividades de 1.021,7 kg ha<sup>-1</sup> e 899 kg ha<sup>-1</sup> para as cultivares BRS Paraguaçu e BRS Nordestina, respectivamente, sob as mesmas condições de campo. Corroborando com os resultados observados, Costa et al. (2006) trabalhando com diversas cultivares entre elas a Mirante 10 e BRS Paraguaçu observaram que a Mirante 10 exceto quanto à precocidade, foi inferior as demais cultivares em todas as componentes de produção avaliados.

O uso da irrigação na agricultura encarece a cadeia produtiva e para que se justifique tal uso, faz-se necessário que se tenham altas produtividades. Para isso torna-se necessário o uso de cultivares que melhor respondam a disponibilidade hídrica, bem como o manejo hídrico mais adequado, que trará maiores produtividades com menores custos e de forma sustentável.

Em face da importância da mamoneira como oleaginosa tanto para a produção de biodiesel bem como por uma questão socioambiental para o Nordeste, em especial o estado do Ceará, há a necessidade de melhoria do seu sistema produtivo. Isto posto, o objetivo desta pesquisa foi:

Avaliar o comportamento das variáveis produtivas de três cultivares de mamoneira de importância agrícola (IAC Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu) a cinco níveis de irrigação por gotejo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Histórico

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma planta já há muito tempo conhecida pela humanidade, suas sementes foram encontradas por arqueólogos em sarcófagos egípcios, acredita-se que este povo vinha utilizando, as sementes desta cultura para fins medicinais e como combustível há pelo menos 4.000 anos A.C. (OLSNES, 2004).

Acredita-se que o nome científico, dado a mamoneira de *Ricinus communis* L., pela classificação de Linnaeus, advém da semelhança de suas sementes ao carrapato comum que tem por nome científico *Ixodes ricinus* (RODRIGUES; OLIVEIRA; FONSECA, 2002).

Sendo uma cultura de fácil adaptação as mais variadas regiões do mundo, torna difícil determinar o seu centro de origem. A versão mais aceita entre os pesquisadores é que a mamona é uma espécie nativa da África tropical e teve sua origem possivelmente na Etiópia (CHIERICE; NETO, 2001; OLSNES, 2004).

No Brasil a mamona foi introduzida pelos portugueses no período colonial, sendo hoje encontrada em todo o território nacional. Atualmente é encontrada vegetando em estado subespontâneo em quase todo território nacional (VASCONCELOS, 1990; MOREIRA et al., 1996).

### 2.2 Descrição botânica e morfológica

Na classificação de Engler a mamoneira tem a seguinte posição sistemática: Divisão Angiosperma; Classe Dicotyledoneae; Subclasse Archichlamydeae; Ordem Geraniales; Família Euphorbiaceae; Subfamília Euphorbioideae; Tribo Crotonae; Gênero *Ricinus* e Espécie *Ricinus communis* (RODRIGUES; OLIVEIRA; FONSECA, 2002).

Possui uma grande variação quanto à coloração do caule das folhas e dos frutos, no hábito de crescimento e porte da planta, na presença ou não de cera, no tamanho e concentração de óleo das sementes (BELTRÃO et al. 2001). A planta

consiste de uma série de caules ou ramos encerrados por racemos, com idades fisiológicas distintas, que possuem de 15 a 80 frutos (OPLINGER et al., 1997).

Para a cadeia produtiva, a mamoneira produz três importantes ordens de racemos, denominados de primários, secundários e terciários, também chamados de racemos de 1ª, 2ª e 3ª ordens, em que a contribuição relativa destes na produtividade total da cultura é influenciada pelas condições ambientais (USDA, 1960; VIJAYA KUMAR et al., 1997) apud Souza (2007).

É uma planta monóica, com flores femininas na parte superior e masculinas na parte inferior da raque (do pendão floral). O número de flores masculinas no racemo pode variar de zero a 95 %, podendo ser encontrados racemos com apenas flores femininas (TÁVORA, 1982; CARVALHO, 2005). O tamanho dos frutos, das sementes, e por conseqüência a massa de mil sementes podem variar quanto a cultivar e de acordo com o manejo cultural adotado (KOUTROUBAS, PAPACOSTA e DOITSINIS, 1999). Desta forma o número de frutos produzidos por racemo, a massa de mil sementes e o número de racemos produzidos por planta são também fatores que podem influenciar na produtividade desta cultura.

Os racemos secundários e terciários possuem sementes mais pesadas e com maior teor de óleo que os racemos primários (SOUZA et al., 2007b; TÁVORA et al. 1974). Contudo, as condições ambientais, especialmente temperatura e disponibilidade de umidade, interferem decisivamente no teor de óleo da semente (KOUTROUBAS; PAPAOSTA; DOITSINIS, 2000).

### **2.3 Importância comercial e socioambiental**

A mamoneira possui várias aplicações industriais. Os co-produtos do óleo extraído das sementes têm ampla utilização, haja vista serem usados na fabricação de tecidos, nylon, na siderurgia como óleo de corte para laminagem, na indústria para acabamento de peles finas, pinturas e vernizes, perfumaria, cremes, cosméticos, saboarias e na indústria de aviação como fluido hidráulico em aeronaves (SANTOS et al., 2001).

Na indústria automotiva, o óleo pode ser utilizado como carburante de motores a diesel, o que recentemente, vem despertando maior interesse nacional

para a implantação do Programa Brasileiro de Desenvolvimento Tecnológico do Biodiesel – PROBIODIESEL, coordenado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia e o de Combustível Verde, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, projetos estes que visam incentivar e aperfeiçoar a produção de um combustível que seja ao mesmo tempo economicamente viável e apresente vantagens ambientais em relação ao seu concorrente fóssil, o diesel (CARNEIRO, 2003; JUDICE, 2003).

Atualmente, as discussões a respeito de fontes alternativa de energia, sejam elas etanol ou biodiesel, tem ultrapassado as questões meramente energéticas e se estendido para a preocupação com meio ambiente, por pressão da sociedade com relação às discussões sobre a conservação do meio ambiente (VIEIRA, 2004). Considerando a reabsorção do C pelas plantas, o biodiesel pode reduzir em 78 % as emissões líquidas de gás carbônico, 90 % das emissões de fumaça e 20 % de enxofre comparado ao diesel derivado do petróleo (HOLANDA 2004).

As discussões a respeito do biodiesel têm procurado priorizar oleaginosas que propiciem maior emprego de mão-de-obra e insira regiões que estejam à margem do desenvolvimento econômico. De acordo com Beltrão et al. (2004), o cultivo da mamona no semi-árido, também é uma tentativa de sustentabilidade e de inclusão social através da agricultura familiar, criando melhores condições de vida em regiões carentes. De acordo com estudos desenvolvidos pelos Ministérios do Desenvolvimento Agrário, Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Integração Nacional e Cidades, a cada 1 % de substituição de óleo diesel por biodiesel produzido com a participação da agricultura familiar podem ser gerados cerca de 45 mil empregos no campo (HOLANDA, 2004).

De acordo com a Lei 3.368 e a medida provisória 214, deste de janeiro de 2008 são adicionados 2% de biodiesel ao diesel de petróleo, a expectativa é que este percentual seja de 5 % até 2013 (HOLANDA, 2006). Com isto, é grande possibilidade da mamoneira se tornar a principal fonte de matéria-prima para suprir esta demanda, especialmente na Região Nordeste, o que contribuirá com a geração de emprego e renda nesta região, para tanto melhores tecnologias de produção desta cultura se fazem necessárias para possibilitar o aumento da produtividade.

## **2.4 Aspectos relacionados à produção da cultura**

### **2.4.1 Principais produtores**

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de mamona, permanecendo atrás apenas da Índia e China que ocupam o primeiro e segundo lugar na produção mundial, respectivamente. A produção brasileira prevista para a safra de 2007 a 2008 é 124,2 mil toneladas de grãos, com uma produtividade média de 804 kg ha<sup>-1</sup>. O Nordeste brasileiro é responsável por, pelo menos, 89 % da produção nacional. O Ceará se destaca como o segundo estado de maior produção nacional com aproximadamente 19,6 % da produção, sendo superado apenas pelo estado da Bahia, com 70 % da produção nacional (CONAB, 2008).

### **2.4.2 Cultivares**

O surgimento de cultivares com o melhoramento genético têm proporcionado maiores potenciais produtivos e teor de óleo elevado nas sementes. Contudo, os novos genótipos são em geral mais sensíveis aos estresses. Entre os fatores de competição presentes numa comunidade vegetal (água, luz e nutrientes), a maior demanda da cultura da mamona é por água (AZEVEDO et al., 2001), especialmente quando se trata de região semi-árida.

O melhoramento genético da mamoneira no Brasil já permitiu melhorias na tecnologia de produção dessa oleaginosa, destacando-se o desenvolvimento de cultivares mais produtivas, adaptadas a diversas regiões do país, apropriadas para diferentes tecnologias de colheita, resistentes a algumas doenças e com alto teor de óleo na semente (FREIRE; LIMA; ANDRADE, 2001).

Entre as cultivares de bom potencial produtivo a IAC Guarani desenvolvida pelo Instituto Agrônomo de Campinas, é cultivada em todo território brasileiro. A produtividade média da cultivar Guarani, nas safras 2006, em Pindorama município paulista foi de 986 kg ha<sup>-1</sup> (SAVY FILHO et al., 2007). Sob

cultivo irrigado na região litorânea de Fortaleza a cultivar IAC Guarani atingiu produtividade de  $4.161 \text{ kg ha}^{-1}$  (Nobre, 2007).

A Mirante 10 é uma cultivar de porte baixo, a emissão do primeiro cacho ocorre em média a 0,87 m de altura, da base, desta surgem novas ramificações que são encerradas por um novo racemo, em condições de umidade e nutrientes favoráveis produzindo de 4,13 a 5,49 cachos planta<sup>-1</sup>, a produção varia de 881 à  $1.197 \text{ kg ha}^{-1}$ . Costa et al. (2006) avaliando as características produtivas da mirante 10, obteve rendimentos médio de 8,4 racemos por planta, potencial produtivo de  $800,2 \text{ kg ha}^{-1}$  e teor de óleo médio de 47,1 %.

A BRS Paraguaçu e BRS Nordestina são as duas principais cultivares desenvolvidas para plantio no semi-árido brasileiro, as quais possuem porte médio e crescimento indeterminado e destacam-se pela acentuada resistência ao déficit hídrico (FREIRE et al., 2001). De acordo com o zoneamento realizado no Nordeste a Cultivar BRS Paraguaçu foi indicada como apta ao cultivo (CEARÁ, 2007).

Correia et al. (2006) avaliando as características produtivas da cultivar BRS Paraguaçu sob cultivo de sequeiro, observaram um rendimento médio de 33,7 frutos por racemo e massa de cem sementes de 47,0 g. Também verificaram que a participação dos cachos secundários na produção da cultivar foi de 52,56 %, o racemo primário contribuiu com 40,91 % e o terciário com participação de apenas 6,53 %. Já Costa et al. (2006) também trabalhando com a cultivar BRS Paraguaçu, obtiveram uma média de 9,9 racemos por planta, teor de óleo das sementes de 52,6 % e potencial produtivo de  $2.181 \text{ kg ha}^{-1}$ . Estes valores são superiores aos obtidos por Severino et al., (2006a) de 48,01 % para o teor de óleo das sementes e potencial produtivo de  $1.381,29 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos.

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

### **2.6.1 Estresse hídrico**

A deficiência hídrica no período crítico de desenvolvimento da mamoneira reduz o número médio de folhas e a produção de biomassa, refletindo em baixas produtividades (BELTRÃO et al., 2005). Beltrão; Cardoso (2003) trabalhando com a cv. BRS Paraguaçu observaram que à medida que se aplicou o estresse na fase inicial, ocorreu uma redução linear na área foliar. Desta forma, os autores concluíram que a área foliar da mamoneira, é sensível ao estresse hídrico. Ainda segundo os autores, a fitomassa total, epígea (aérea) e hipógea (raiz) da planta da mamoneira na sua fase juvenil foram bastante reduzidas pelo estresse hídrico.

Segundo Schurr et al. (2000), o estresse hídrico na mamona afeta o seu desenvolvimento e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, desta forma as plantas apresentam estrutura foliar reduzida. Por outro lado, o aumento da disponibilidade hídrica é responsável por uma atividade de crescimento mais pronunciada e eficiente.

A falta da água no florescimento afeta negativamente o teor de óleo (WEISS, 1983; KOUTROUBAS; PAPAKOSTA; DOITSINIS, 2000). Segundo Souza et al. (2007a), a deficiência hídrica pode afetar o surgimento de novos cachos, refletindo na queda da produção, já que a mamoneira é uma planta de crescimento indeterminado que permanece crescendo e produzindo enquanto houver disponibilidade de água e nutrientes.

Azevedo et al. (2001) informam que a disponibilidade de água é o principal fator para definição da população de plantas ideal, ficando em segundo plano a fertilidade do solo e os outros fatores ligados ao clima.

### **2.6.2 Temperatura**

A temperatura tem grande impacto sobre a fotossíntese e respiração da planta, pois influencia diversas reações bioquímicas ligadas a esses dois processos fisiológicos (TAIZ; ZEIGER, 1998).

Altas temperaturas noturnas fazem com que a planta tenha intenso metabolismo respiratório, o que provoca consumo das reservas acumuladas durante o dia através da fotossíntese. Por essa razão, é desejável que as plantas estejam

sob temperatura mais alta durante o dia, o que favorece a fotossíntese e temperaturas mais baixas durante a noite o que limita ou reduz a respiração. Cada processo vital é ajustado dentro de uma faixa de temperatura, mas o crescimento ótimo só pode ser alcançado se os diversos processos envolvidos no metabolismo e no desenvolvimento estiverem em harmonia (LARCHER, 2000).

### **2.6.3 Altitude**

Severino et al. (2006b), trabalhando com dez genótipos de mamona em diferentes regiões e altitudes: Carnaubais, RN (60 m), Maranguape, CE (140 m) e Quixaramubim, CE (280 m) não observaram efeito da altitude sobre a produtividade. Contudo, ocorreu uma relação positiva entre a produtividade e a pluviosidade, em que a maior pluviosidade ocorreu em Quixaramibim (758 mm) e a menor em Carnaubais (350 mm) com produtividades de 1.682 kg ha<sup>-1</sup> e 682 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

### **2.6.4 Espaçamento**

A correta escolha da população de plantas é uma prática cultural extremamente simples, mas que tem grande impacto sobre a produtividade e sobre diversos aspectos da condução da lavoura, como controle de plantas daninhas, colheita e uso de implementos agrícolas. Geralmente, as recomendações técnicas são feitas baseando-se no espaçamento padrão de 3 m entre linhas (BELTRÃO; CARDOSO, 2003), o qual seria utilizado em variadas condições de clima e solo, ou espaçamentos variando entre 2 m em solos de baixa fertilidade, 3 m para solo de média fertilidade e 4 m para solos de alta fertilidade (CARTAXO et al., 2004; AZEVEDO et al., 2001).

Severino et al. (2006a), trabalhando com a cultura da mamoneira sob diferentes espaçamentos, observaram aumento linear da produtividade com a redução do espaçamento entre linhas, obtendo-se a produtividade máxima de 2.038 kg ha<sup>-1</sup> no espaçamento de 2 m, valor 48 % maior que a produtividade de 1.381,29 kg ha<sup>-1</sup> obtida no espaçamento de 3 m tradicionalmente recomendado.

## 2.7 Irrigação na mamoneira

Segundo Silva; Coelho (2003), irrigar adequadamente uma lavoura é maximizar a produtividade sem, contudo, causar danos ao meio ambiente, fazendo o uso racional da água e dos demais insumos, minimizando custos, proporcionando umidade ao solo e condições fitossanitárias favoráveis ao bom desenvolvimento das culturas.

De acordo com Gomes (1999), o projeto de qualquer sistema de irrigação requer o conhecimento prévio da quantidade de água a ser fornecida ao conjunto solo-planta para satisfazer as necessidades hídricas das culturas. Os aspectos agrônômicos básicos se resumem a duas questões, necessárias para o pleno desenvolvimento das culturas. A primeira é a estimativa da quantidade de água útil admitida pelo solo, que depende basicamente das suas características físicas e hídricas do solo, como também do tipo da cultura a implantar. A segunda é a quantificação das necessidades hídricas da planta, que depende da cultura e das condições climáticas da região.

Em grande parte do território brasileiro, em especial o Nordeste, normalmente não se encontram condições naturais de precipitação pluvial, em quantidade e frequência suficiente para atender plenamente as necessidades hídricas das culturas, desta forma a prática da irrigação é fundamental para o bom rendimento das culturas de importância agrônômica (BARRETO; AMARAL, 2004).

O uso da irrigação localizada permite um controle rigoroso da quantidade de água fornecida as plantas, economia de água, menor mão de obra, otimização do uso de fertilizantes, uso de água com maior salinidade e boa uniformidade de aplicação da água, contudo este método de irrigação exige auto custo inicial com a compra de equipamentos, instalação e com a manutenção (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2006).

O uso da irrigação na agricultura e em especial na ricinocultura somente se justifica utilizando-se elevada tecnologia para se tirar o máximo possível de produtividade, com elevado teor de óleo de boa qualidade, considerando-se o teor ricinoléico que deve ser superior a 89%, e a baixa acidez (BELTRÃO et al., 2004). Desta forma, escolher o sistema de irrigação mais adequado, que trará maiores

produtividades com menores custos e de forma sustentável é fundamental para produção da mamona irrigada no estado do Ceará.

A produtividade de 8.500 kg h<sup>-1</sup>, alcançada em algumas localidades, utilizando-se cultivares anões em regime de irrigação, supera em muito as médias nacional e mundial (BELTRÃO; CARDOSO, 2006). Reforçando a importância das cultivares melhoradas e da irrigação no sistema produtivo da mamoneira.

Hikwa; Mugwira (1997) verificaram um incremento de 137 % na produtividade da mamoneira sob adequado suprimento hídrico, em comparação com plantas cultivadas com deficiência hídrica no solo durante a estação seca. Corroborando com relatos de, Koutrobas, Papakosta e Doitsinis (2000) ao constatarem aumento do rendimento de grãos quando a irrigação foi utilizada, tendo sido registrado valores superiores a 4.049 kg ha<sup>-1</sup>. Na Bahia, em cultivos comerciais irrigados, para a produção de sementes, as produtividades superam 5.000 kg ha<sup>-1</sup> (CARVALHO, 2005).

### **2.7.1 Efeito da irrigação nas componentes de produção**

O aumento do potencial produtivo da mamoneira está intimamente relacionado com o aumento de suas componentes de produção; número de racemos por planta e de frutos por racemo; massa das sementes e comprimento do racemo (SOUZA, 2007a; KOUTROUBAS; PAPAKOSTA; DOITSINIS, 2000; KOUTROUBAS; PAPAKOSTA; DOITSINIS, 1999).

Rodrigues et al. (2006), trabalhando com a cv. BRS Paraguaçu verificaram aumento significativo do comprimento do racemo, número de frutos e massa de 100 sementes com o incremento do nível de irrigação.

Em regimes pluviais adequados para o crescimento e desenvolvimento da cultura da mamona, é possível se obter de cinco a sete racemos por planta (NÓBREGA et al. 2001). Souza et al. (2007a) observaram aumento de 148 % no número médio de racemos por planta, quando se utilizou irrigação de suplementação comparada ao sequeiro, revelando a importância do número de racemos na produtividade da cultura, também foi observada a paralisação de novos cachos em decorrência da falta de água. Ainda segundo os autores, os racemos

com menor número de frutos, menor comprimento e a menor produção de grãos por planta foram registrados no cultivo de sequeiro.

Souza (2007) avaliando as características produtivas da mamoneira, cultivar Mirante 10, sob diferentes espaçamentos, época de plantio, com e sem o uso da irrigação de suplementação, constatou aumento das componentes de produção quando se comparou o cultivo de sequeiro com o irrigado, no número de racemo por planta de 11,94 para 36,91; no número de frutos por racemos de 40,91 para 55,04; no comprimento do racemo de 23,61 cm para 32,39, quando comparado as componentes de produção obtidas no cultivo irrigado com sequeiro, respectivamente. Contudo, embora não significativo, a mamoneira irrigada produziu massa de mil sementes mais leves que a de sequeiro 316 e 327 g, respectivamente.

Nobre (2007), avaliando as características produtivas da IAC Guarani irrigada por gotejamento em Fortaleza, observou que a cultura respondeu positivamente em produtividade à aplicação de água, chegando a valores máximos de produtividade de 4.161 kg ha<sup>-1</sup>. As componentes de produção, número de frutos por racemo e massa de cem sementes também aumentaram com a disponibilidade hídrica, chegando a valores máximos de 39,69 e 40,63 g para massa de cem sementes do racemo primário e secundário com fornecimento hídrico de 1288 mm e 1.006 mm por ciclo, respectivamente. O maior número de frutos por racemo terciário foi obtido com a lâmina de irrigação de 1.288 mm por ciclo.

Segundo Koutroubas; Papakosta; Doitsinis. (2000), em condições irrigadas os racemos secundários são os responsáveis pela maior parte do rendimento, conseqüência da ampliação do ciclo da cultura, que favorece o surgimento de um maior número de racemos. Os racemos de segunda e terceira ordem ainda possuem sementes mais pesadas e maior teor de óleo que os racemos primários (SOUZA et al., 2007a).

## **2.9 Método do tanque Classe “A” para o manejo da irrigação**

A determinação da época e quantidade de água a ser aplicada é fundamental para o manejo racional da irrigação, e pode ser feito com o monitoramento da planta, do solo ou do clima. Dentre estes, o método de monitoramento do clima vem sendo mais utilizado por sua praticidade e eficiência (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2006).

Dentre os vários métodos existentes para o manejo da irrigação, o do tanque Classe “A” tem sido difundido em todo o mundo, embora seja um método simples e prático, não necessitando de mão de obra especializada, é bastante eficiente (SANTOS et al., 2004).

Embora seja um método indireto de determinação da quantidade de água a ser disponibilizada para as culturas, o método do tanque classe “A” vem sendo bastante empregado em projetos de irrigação, pois dentre outros benefícios, possibilita a aquisição *in loco* dos dados e que operacionalização é mais fácil quando comparado a outros métodos (BERNARDO; SOARES; MATOVANI. 2005).

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Caracterização do experimento

#### 3.1.1 Localização

A pesquisa foi conduzida na Fazenda Experimental do Vale do Curu, (FEVC) pertencente à Universidade Federal do Ceará, localizada no município de Pentecoste, CE, entre os paralelos 3°45' e 3°50' de latitude Sul e os meridianos 39°15' e 39°30' de longitude Oeste, a uma altitude de 47 m (Figura 1).

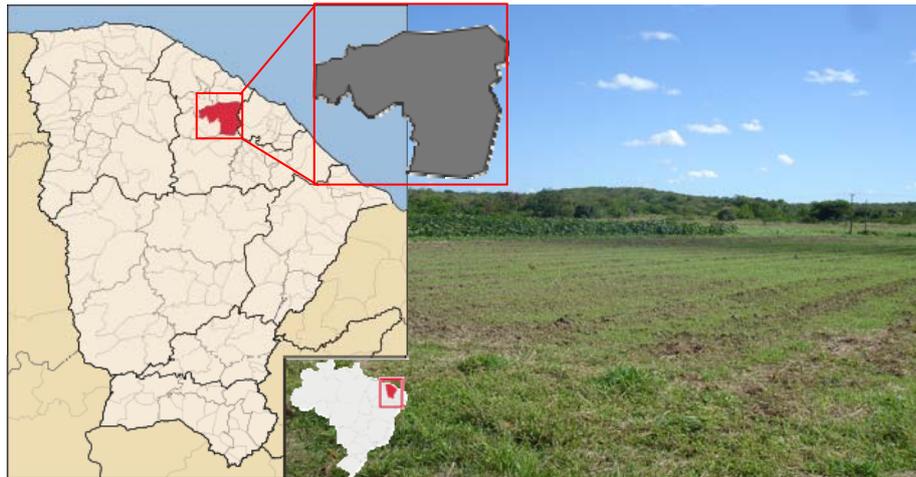


Figura 1 - Localização da área experimental. FEVC, Pentecoste, CE, 2007.

#### 3.1.2 Clima

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSw'h', semi-árido com chuvas irregulares, com precipitação pluvial média anual de 801 mm, evaporação de 1.475 mm; temperatura média anual em torno de 27,1°C e umidade relativa do ar de 73,7 %. O período crítico de deficiência hídrica estende-se de junho a janeiro em que a demanda atmosférica supera as reservas de armazenamento de água do solo (BRASIL. 1973).

### 3.1.3 Solo

O solo foi classificado como NEOSSOLO FLÚVICO, de textura franco arenosa na camada de 0 a 0,70 m (EMBRAPA, 1999).

Para determinação da fertilidade do solo foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0 a 0,20 m e de 0,20 m a 0,40 m. Foram coletadas 20 amostras simples, percorrendo em zig zag a área experimental, em seguida as amostras foram misturadas para coleta de uma amostra composta, obedecendo as recomendações do Manual de recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará (Figura 2). As amostras foram enviadas ao laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal do Ceará. Na Tabela 01 tem-se os principais atributos químico do solo da área experimental.



Figura 2 - Amostra composta do solo, da área experimental, para caracterização química. FEVC, Pentecoste, CE, 2007.

Tabela 1 - Atributos químicos do solo da área experimental. FEVC, Pentecoste, CE, 2007

Elemento	Unidade	Camada (m)	
		0 – 0,20	0,20 – 0,40
Fósforo	mg.dm <sup>-3</sup>	94	40
Potássio	mg.dm <sup>-3</sup>	420	249
Cálcio + Magnésio	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	6,8	6,6
Cálcio	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	3,7	4,0
Magnésio	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	3,1	2,6
Alumínio	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	0,0	0,0
Sódio	mg.dm <sup>-3</sup>	48	76
PH	(-)	6,9	7,0

Análise realizada no Laboratório de Química do Solo, do Departamento de Ciências do Solo do CCA/UFC (2007).

### 3.2 Cultura

Foram utilizados três cultivares de mamoneira (IAC Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu), produzidas pelo Instituto Agronômico de Campinas, Sementes Armoni e Embrapa Algodão respectivamente.

#### 3.2.1 IAC Guarani

A IAC Guarani foi lançada em 1974 pelo Instituto Agronômico/Seção de Oleaginosas, Campinas, SP. Apresenta ciclo de 180 dias, porte médio, fruto indeiscente, com produtividade média de 1.500 kg ha<sup>-1</sup>. Na Figura 3, pode-se observar detalhes da cultivar IAC Guarani.



Figura 3 - Fotos da cultivar IAC Guarani, sementes, caule, folhas e da cultura em campo. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.

### 3.2.2 Mirante 10

É caracterizada por apresentar um porte “relativamente pequeno”. O primeiro racemo é inserido quando a planta está com altura média de 0,40 m, com 7 a 9 internódios no caule principal. Seu caule possui coloração avermelhada, sem cera e aspecto nodoso. Os frutos quando ainda imaturos são esverdeados com ausência de cera e indeiscentes, as sementes são amarronzadas com mosqueados característicos. Os racemos são pequenos com comprimento em torno de 0,40 m de forma cilíndrica. A floração normalmente se inicia aos 38 dias após a emergência das plântulas, e geralmente o racemo primário apresenta ponto ideal de maturação aos 110 dias após a emergência. Sua produtividade média fica em torno de 1.600 kg ha<sup>-1</sup> e o teor médio de óleo das sementes é de 53 % (SILVA CASAGRANDE JR.; AIRES, 2007; SOUZA, 2007). Na Figura 4, pode-se observar detalhes da cultivar Mirante 10.



Figura 4 - Fotos da cultivar Mirante 10, sementes, caule, folhas e da cultura em campo. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.

### 3.2.3 BRS Paraguaçu

A cultivar Paraguaçu (Figura 5) tem ciclo de 250 dias, altura de 1,60 m, frutos semideiscentes, peso de 100 sementes de 71 g, teor de óleo de 47,72 % e potencial produtivo de 1.500 kg ha<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2004).



Figura 5 - Fotos da cultivar BRS Paraguaçu, sementes, caule, folhas e da cultura em campo. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.

## 3.3 Descrição do experimento

A área total ocupada pelo experimento foi de 2.700 m<sup>2</sup> ( 90 m x 30 m) constituído de 45 linhas de plantas. Cada linha útil de planta ocupou uma área de 60 m<sup>2</sup>, que continham 30 plantas (Figura 6).

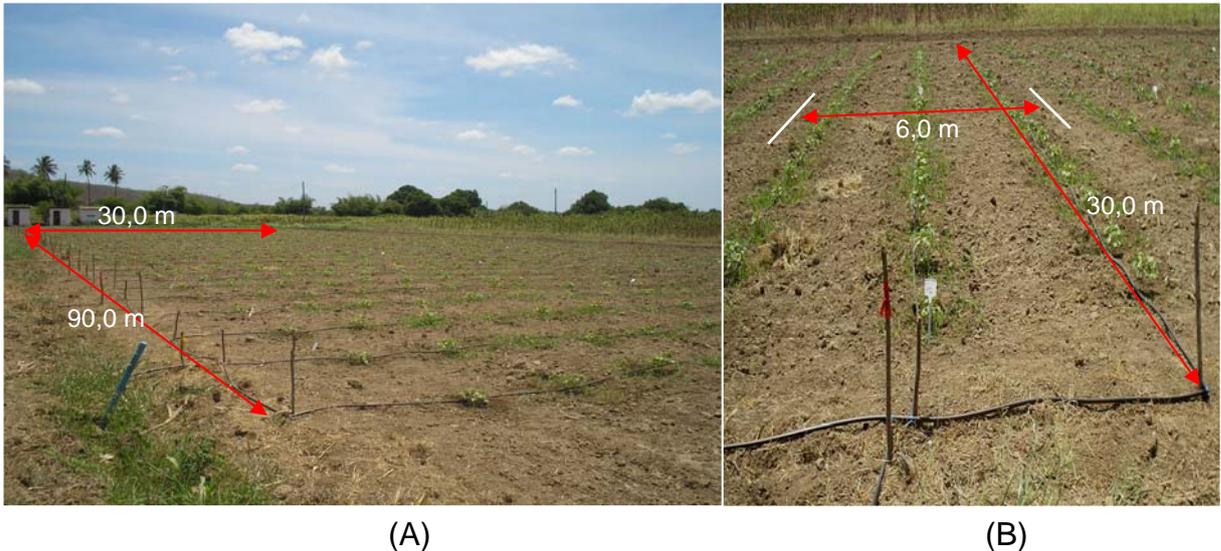


Figura 6 - Vista geral da área experimental (A) e da parcela detalhada (B). FEVC, Pentecoste, CE, 2007.

### 3.3.1 Delineamento experimental

O delineamento estatístico foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas (split-plot). Cada bloco foi formado por cinco parcelas com 6,0 m de largura por 30 m de comprimento (Figura 6B), em que foram distribuídas as cinco lâminas de irrigação.

Os níveis de irrigação foram distribuídos na parcelas enquanto as cultivares na subparcelas. As lâminas de irrigação foram baseadas na evaporação do tanque Classe “A” (ECA), que correspondeu a: T1, nível de irrigação referente a 25 % da ECA; T2, nível de irrigação referente a 50 % da ECA; T3, nível de irrigação referente a 75 % da ECA; T4, nível de irrigação referente a 100 % da ECA; T5, nível de irrigação referente a 125 % da ECA.

Cada parcela foi dividida em três subparcelas em que foram distribuídas as cultivares ao acaso. As subparcelas mediam 6 m de largura e 10 m de

comprimento, composta de uma linha útil entre duas linhas de bordaduras, cada linha continha dez plantas.

De modo a evitar influência entre os tratamentos cada subparcela continha três linhas de plantas em que apenas a linha do centro foi analisada, enquanto as linhas das extremidades serviram como bordadura, circundando toda área útil do experimento. Foram coletados dados das plantas 2, 4, 6 e 8 de cada subparcelas. Na Figura 7 pode ser visualizado o croqui da área experimental.

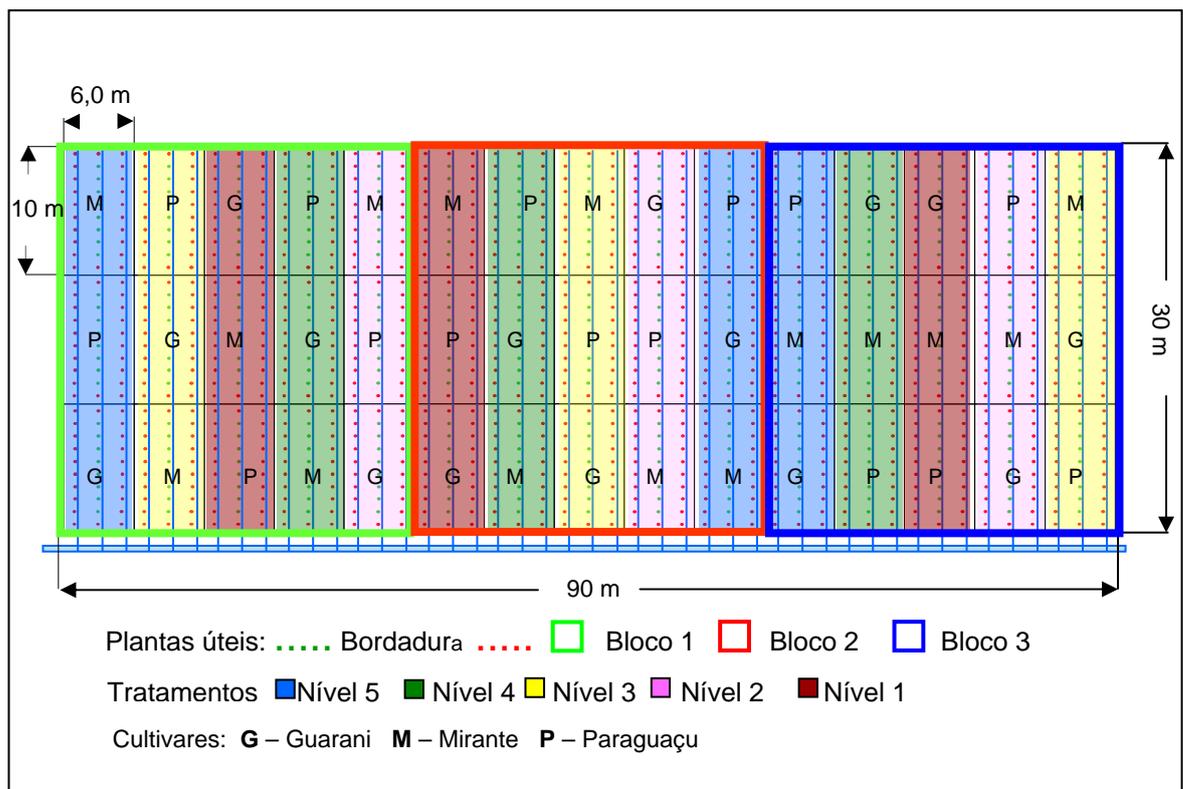


Figura 7 – Croqui da área experimental. FEVC, Pentecoste, CE, 2007.

### 3.4 Preparo da área

O preparo da área iniciou no dia 13 de setembro de 2007 e constou de roçagem, gradagem e marcação das covas no espaçamento de 2 m entre linha e 1m entre plantas.

### 3.5 Instalação do sistema de irrigação e composição

O sistema de irrigação foi instalado no dia 20 de setembro de 2007 tendo como fonte de alimentação hídrica o canal terciário pertencente à Fazenda experimental no qual é abastecido pela água do açude General Sampaio.

O método de irrigação adotado foi do tipo localizado, sendo o sistema por gotejamento constituído de: conjunto motobomba de 3,5 cv; cabeçal de controle, constituído por filtro de disco, tubo de Venturi, tomada de pressão e registros; tubulações, linha principal, linha de derivação, nesta continha um cavalete com hidrômetro e válvula anti-vácuo e 45 linhas laterais, sendo uma por fileira de planta; gotejadores tipo autocompensantes, modelo katif, com vazão de  $3,75 \text{ l h}^{-1}$  a uma pressão de serviço de 100 kPa (Figura 8).



Figura 8 - Instalação do sistema de irrigação e seus componentes. FEVC, Pentecoste, CE, 2007.

### **3.6 Adubação**

A adubação baseou-se na análise química do solo e exigências nutricionais da cultura. Foram aplicados o equivalente a 60 kg de N ha<sup>-1</sup>, 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 20 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> tendo sido usado como fonte do nutrientes o sulfato de amônio, fosfato de monoamônio (MAP), sulfato de potássio, respectivamente. Os fertilizantes foram distribuídos, parceladamente, via fertirrigação, durante a fase vegetativa da cultura. Para suprir possíveis deficiências de micronutriente foram aplicados 17 g de FTE BR 12 por cova, na fundação. Também foram utilizados 5 litros de esterco bovino por cova, com a finalidade de melhorar as características físicas do solo, contribuir com o aumento da capacidade de armazenamento de água no solo, bem como melhorar as condições de aeração do solo favorecendo a germinação das sementes e o desenvolvimento e funcionamento das raízes, conforme recomendação da Universidade Federal do Ceará (1993).

### **3.7 Instalação e condução da cultura no campo**

#### **3.7.1 Semeadura e estabelecimento da cultura**

As cultivares usadas foram semeadas diretamente no solo em covas abertas manualmente nas parcelas no dia 28 de setembro de 2007, sendo colocados 4 sementes por cova. A germinação deu-se a partir do 5º dia após a semeadura (DAS). No 7º e no 13º DAS foi observado 85 % e 99 % de germinação, respectivamente (Figura 9). No dia 25 de outubro de 2007 procedeu-se o desbaste deixando 1 planta por cova.



Figura 9 - Período de germinação da cultura. FEVC, Pentecoste, CE, 2007.

### 3.7.2 Irrigação e Fertirrigação

No período de estabelecimento da cultura, nos primeiros 25 dias após a germinação, todos os tratamentos receberam a mesma lâmina de irrigação, correspondente a 100 % da ECA de modo a obter uma boa uniformidade do estande. Utilizou-se irrigação de reposição com turno de rega de dois dias, baseada na evaporação do tanque Classe “A” (ECA), esta sendo monitorada diariamente.

Após o 25<sup>o</sup> DAS deu-se a diferenciação dos tratamentos, sendo o tempo de irrigação para cada tratamento calculado com base nas informações de: evaporação do tanque Classe “A”, espaçamentos da cultura, percentagem de área molhada, coeficiente de uniformidade de aplicação, vazão do emissor e fator de aplicação da água, em função do tratamento, medida no período entre duas irrigações (Equação 1).

$$TI = \frac{ECA \cdot S_1 \cdot S_2}{Cu \cdot q_e} \cdot PAM \cdot Ft \quad \dots\dots\dots \text{eq. 1}$$

em que,

Ti – tempo de irrigação para cada tratamento em h;

ECA – evaporação do tanque Classe “A” em mm;

S1 e S2 – espaçamentos da cultura, entre plantas na linha e entre fileiras de plantas em m;

PAM – percentagem de área molhada em decimal (valor adotado 0,40);

Ft – fator de aplicação da água em função do tratamento em decimal. Os valores de Ft foram 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 e 1,25 para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, respectivamente;

$C_u$  – coeficiente de uniformidade de aplicação em decimal. Valor encontrado na avaliação do sistema;

$q_e$  – vazão média dos emissores em  $L h^{-1}$ .

O coeficiente de uniformidade de distribuição  $C_u$  de água do sistema de irrigação foi determinado pelo uso da metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), em que se coletaram as vazões dos quatro gotejadores ao longo da linha lateral: o primeiro, o situado a 1/3, a 2/3 e o último gotejador (Figura 10). Estas amostras foram realizadas na primeira lateral, a situada a 1/3, a 2/3, e a última, seguindo os mesmos critérios dos gotejadores. Para cálculo do  $C_u$  que foi de 99,1 % utilizou-se a média das 25% menores vazões, dividida pela média de todas as vazões coletadas, como segue na Equação 2.



Figura 10 – Obtenção das vazões de quatro gotejadores ao longo da linha lateral e de quatro linhas laterais, para determinação do coeficiente de uniformidade de aplicação  $C_u$  (Keller; Karmeli, 1975)

$$C_u = \frac{\text{Média de 1/4 das menores vazões}}{\text{Média de todas as vazões coletadas}}$$

Eq.2

A adubação de cobertura foi parcelada e iniciada a partir dos 15 DAS, sendo esta realizada juntamente com a água de irrigação. Os fertilizantes (sulfato de amônio, fosfato de monoamônio (MAP) e sulfato de potássio) foram colocados no sistema de irrigação por meio de um injetor de fertilizante tipo Venturi (Figura 11). A adubação foi feita durante o período de 15 de outubro a 31 de dezembro de 2007 (Tabela 2).



Figura 11 - Fertilizantes usados na fertirrigação e injetor de fertilizante, tubo Venturi. FEVC, Pentecoste, CE, 2007.

Tabela 2 - Quantidade de nutrientes distribuídos via fertirrigação, para a cultura da mamoneira. FEVC, Pentecoste, CE, 2007.

<b>DIA</b>	<b>Sulfato de amônio (kg)</b>	<b>MAP (kg)</b>	<b>Sulfato Potássio (kg)</b>
15/10/2007	0,19	0,03	0,09
17/10/2007	0,19	0,03	0,09
20/10/2007	0,19	0,03	0,09
22/10/2007	0,19	0,03	0,09
24/10/2007	0,22	0,03	0,10
27/10/2007	0,22	0,03	0,10
29/10/2007	0,71	0,10	0,32
31/10/2007	0,71	0,10	0,32
3/11/2007	0,71	0,10	0,32
5/11/2007	0,71	0,10	0,32
7/11/2007	0,71	0,10	0,32
10/11/2007	1,30	0,18	0,59
12/11/2007	1,30	0,18	0,59
14/11/2007	1,30	0,18	0,59
17/11/2007	1,30	0,18	0,59
19/11/2007	1,30	0,18	0,59
21/11/2007	1,92	0,27	0,87
24/11/2007	1,92	0,27	0,87
26/11/2007	1,81	0,25	0,82
28/11/2007	1,81	0,25	0,82
1/12/2007	1,81	0,25	0,82
3/12/2007	4,71	0,65	2,14
5/12/2007	4,71	0,65	2,14
8/12/2007	4,71	0,65	2,14
10/12/2007	4,71	0,65	2,14
12/12/2007	4,71	0,65	2,14
15/12/2007	4,71	0,65	2,14
17/12/2007	4,71	0,65	2,14
19/12/2007	4,71	0,65	2,14
22/12/2007	4,71	0,65	2,14
24/12/2007	4,71	0,65	2,14
26/12/2007	4,71	0,65	2,14
29/12/2007	4,71	0,65	2,14
31/12/2007	3,91	0,54	1,78

### 3.7.3 Controle de plantas daninhas e fitossanitário

O controle das plantas daninhas foi realizado manualmente e sempre que necessário. Durante o ciclo da cultura foram realizadas 6 capinas com enxada.

O controle fitossanitário deu-se com o aparecimento dos primeiros manifestos das pragas no campo. Nos primeiros dias pós germinação foi utilizado Formicidol para controle das saúvas. Com o aparecimento da mosca branca (*Bemisia argentifolii*) e lagarta na área experimental foram utilizados Confidor e Dipel respectivamente.

### 3.8 Colheita e Beneficiamento

Foram realizadas colheitas semanais durante o período de 24 de janeiro de 2008 a 29 de maio de 2008, na medida em que todos os frutos do racemo estavam secos (Figura 12). Os frutos colhidos foram acondicionados em sacos plásticos identificados e mantidos por uma semana em ambiente adequado para perder umidade para facilitar o beneficiamento.



Figura 12 - Colheita gradual e identificação dos racemos em campo. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.

Para o beneficiamento mecânico, foi desenvolvido um protótipo de uma máquina de descascar mamona (Figura 13), no laboratório de mecânica pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará. O rendimento médio obtido foi de 99,1 % de frutos descascados e 98,6 % de frutos intactos.



Figura 13 - Protótipo de um descascador de mamona. Fortaleza, CE, 2008.

### 3.9 Características avaliadas

#### 3.9.1 Comprimento dos racemos

O comprimento do racemo foi obtido com auxílio de uma trena graduada em centímetros. Para obtenção do comprimento médio, foram medidos e somados o comprimento de todos os racemos, de primeira, segunda e terceira ordem, e em seguida dividido pela quantidade de racemos medidos. Na medição considerou-se toda a raque (Figura 14).

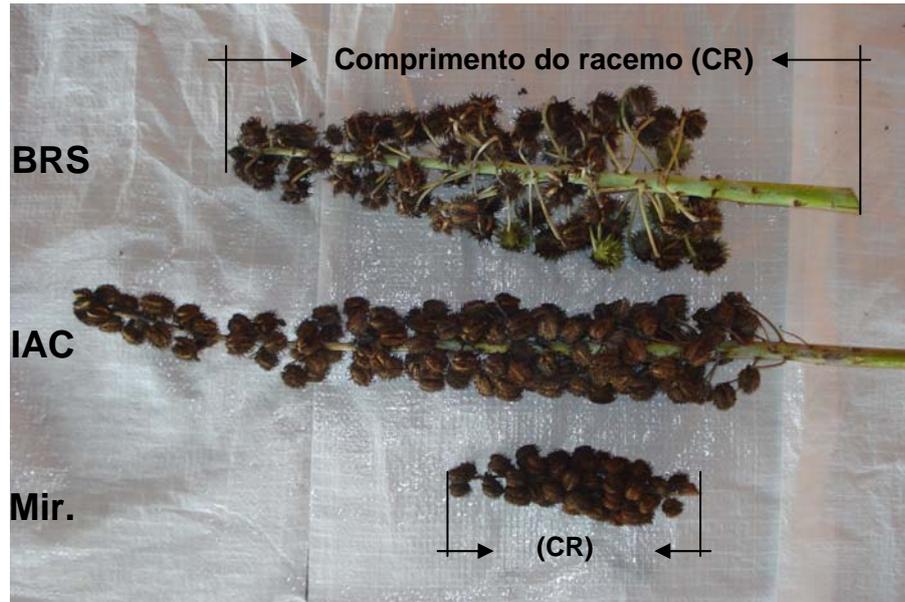


Figura 14 - Medição do comprimento dos racemos das três cultivares, IAC Guarani (IAC.), Mirante 10 (Mir.) e BRS Paraguaçu (BRS).

### 3.9.2 Número de frutos por racemo

Para determinação do número médio de frutos por racemo, foram contados os frutos de cada racemo, separadamente, em seguida somou-se ao número de fruto obtido de todos os racemos e dividido por o número de racemos.

### 3.9.3 Massa dos racemos e massa dos frutos por racemo

Para determinação da massa do racemo, em gramas, utilizou-se uma balança digital com precisão de 0,1 g. Os racemos colhidos nas subparcelas foram pesados separadamente, para em seguida se obter as médias, a partir da soma das massas dos racemos da subparcela dividido pelo número de racemos obtidos. O mesmo princípio foi utilizado para se determinar a massa dos frutos por racemo, em que, computou-se a massa dos frutos de cada racemo, separadamente, para em seguida determinar a média, a partir da soma das massas dos frutos de todos os racemos, dividido pela quantidade de racemos.

### **3.9.4 Número de racemos por planta**

O número de racemos por planta foi determinado por categoria, primeira, segunda e terceira ordem. Foram somados os racemos produzidos pelas plantas 2, 4, 6 e 8 da linha principal, plantas úteis, e em seguida dividido por quatro, para se obter o número médio de racemos produzidos por planta.

### **3.9.5 Contribuição relativa da ordem dos racemos e produção de grãos por planta**

Para se determinar a contribuição média relativa por ordem de racemo, foram medidos separadamente a produção de grãos, em gramas, por ordem 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup>, para cada planta útil e em seguida determinou-se a média. A produção média de grãos por planta, em gramas (g), foi obtida a partir da soma da produção individual das plantas úteis, plantas 2, 4, 6, e 8, da subparcela, em seguida dividindo-se pelo número de plantas úteis.

### **3.9.6 Massa de cem sementes e teor de óleo**

De posse das sementes beneficiadas, foram contadas aleatoriamente cem sementes e em seguida pesadas em balança digital de precisão 0,1 g. Após pesadas, acondicionadas em sacos plásticos e identificadas, as amostras de sementes, separadas por bloco, parcelas e subparcelas, foram enviadas ao Laboratório. A determinação do teor de óleo das sementes foi feita por extração pelo método Soxhlet, utilizando o hexano como solvente, no Laboratório de Química analítica do Departamento de Química Analítica e Físico-química da UFC.

### **3.10 Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância pelo teste F a 1 % e 5 % de probabilidade. Quando verificado efeito significativo, as médias

obtidas entre as cultivares foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5 % de probabilidade. Quanto ao efeito significativo nos diferentes tratamentos, os dados foram submetidos à análise de regressão, buscando-se ajustar equações com significados biológicos, através do software “SAEG 9.0 – UFV”, sendo selecionado os modelos que apresentaram melhores níveis de significância e coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Comprimento, massa e número de frutos do racemo

O resumo das análises das variâncias para os dados de comprimento de racemo, massa de racemo e número de frutos por racemo podem ser observados na Tabela 3. Pelos resultados verificou-se efeito significativo da lâmina de irrigação (A), da cultivar (C) e da interação lâmina de irrigação x cultivar para todas as variáveis analisadas, em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F. O efeito significativo para a interação A x C revela dependência entre estes fatores.

Tabela 3 - Resumo da análise da variância para os dados de comprimento de racemo, massa de racemo e número de frutos por racemo de três cultivares de mamona “IAC Guarani”, “Mirante 10” e “BRS Paraguaçu”, cultivadas sob cinco níveis de irrigação. Pentecoste, CE, 2008

Fontes de variação	GL	Quadrado médio		
		Comprimento de racemo	Massa de racemo	Número de frutos
Bloco	2	35,10**	275,67ns	80,76ns
Água (A)	4	188,59**	2724,99**	439,40**
Resíduo A	8	5,77	168,89	38,62
Cultivar (C)	2	2241,45**	19425,15**	1338,25**
Interação (A x C)	8	31,01**	363,25**	69,52**
Resíduo B	20	6,05	5,37	19,75
CV (%)	-	7,80	7,95	9,88

(\*\*), significativo a 1 %, (ns), não significativo pelo teste F.

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios do comprimento, da massa e do número de frutos por racemo em função das três cultivares, IAC Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu, e das lâminas totais de irrigação. Analisando-se o efeito das cultivares dentro de cada lâmina de irrigação, constatou-se com exceção do tratamento T2 (365,38 mm) para a característica número de frutos em que não houve diferença significativa entre as cultivares IAC Guarani e Mirante 10. A cultivar IAC Guarani produziu racemos de maior comprimento e com maior número de frutos independente do tratamento, diferenciando-se estatisticamente ( $P < 0,05$ ) das demais cultivares. Este resultado, pode indicar a estreita relação entre as componentes de produção, comprimento de racemo e

número de frutos por racemos, para a cultivar IAC Guarani. Contudo quando se compara estas componentes de produção entre as demais cultivares constata-se que embora a BRS Paraguaçu tenha produzido em média, racemos de maior comprimento, a Mirante 10 foi a que produziu em média, a maior quantidade de frutos por racemo. Este resultado deve-se, provavelmente, pela maior produção de flores femininas da cultivar Mirante 10, como relatado por Koutroubas, Papakosta e Doitsinis (1999) ao afirmarem que a produção de frutos por racemos depende primordialmente da produção de flores femininas.

Tabela 4 - Valores médios do comprimento dos racemos (cm), massa do racemo (g) e número de frutos (und) por racemo das três cultivares, cultivada em diferentes níveis de irrigação. Pentecoste, CE, 2008

Níveis (mm)	Cultivar								
	Guarani	Mirante	Parag.	Guarani	Mirante	Parag.	Guarani	Mirante	Parag.
	Comprimento do racemo			Massa do racemo			Número de frutos		
182,69	36,81A	18,23B	21,58B	73,72B	37,47C	93,94A	41,86A	32,59B	28,82B
365,38	39,13A	22,90B	25,13B	85,25B	54,53C	105,44A	46,80A	46,23A	35,57B
548,07	43,88A	22,21C	27,46B	104,13B	55,50C	125,46A	55,03A	42,09B	38,52B
730,76	52,27A	23,15B	27,80B	122,59A	52,85B	134,53A	66,50A	43,14B	40,94B
913,45	54,96A	25,86C	31,11B	137,59A	57,52B	141,67A	67,40A	46,65B	42,55B
Médias	45,41A	22,47C	26,62B	104,65B	51,57C	120,21A	55,51A	42,14B	37,28C
DMS	2,27			6,77			4,11		

Médias seguidas por letras iguais maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 5 % de probabilidade.

Costa et al. (2006), avaliando as características produtivas de diferentes genótipos de mamona, verificaram maior comprimento dos racemos da BRS Paraguaçu quando comparado com a Mirante 10, resultado semelhante ao presente trabalho, embora os valores apresentados para a BRS Paraguaçu (12,6 cm) e Mirante 10 (8 cm) tenham sido inferiores.

Souza (2007) obteve 44 % a mais do número de frutos por racemo para a Mirante 10 do que no presente trabalho, esta diferença pode ser em decorrência da maior disponibilidade hídrica 1.533 mm durante o ciclo da cultura, 619 mm a mais do que o fornecido neste trabalho. O mesmo autor também verificou que sob cultivo irrigado o número de frutos por racemo superou em 23 unidades o cultivo em sequeiro.

Silva et al. (2004), trabalhando com a cultivar BRS Paraguaçu sob cultivo de sequeiro, com pluviosidade total de 177,86 mm durante o ciclo da cultura, obtiveram uma média 7,5 frutos por racemos, o que representa 26 % de rendimento de frutos por racemo na menor lâmina aplicada T1 (182,69 mm) do presente trabalho. Resultado este que pode ser explicado, pelo controle rígido da distribuição da água durante o período vegetativo da cultura permitido pelo sistema de irrigação localizado. Segundo AZEVEDO et al. (2001), a mamoneira é uma cultura que requer chuvas bem distribuídas durante a fase vegetativa.

As cultivares responderam de forma semelhante quanto ao incremento das componentes de produção em função do aumento da disponibilidade hídrica. Ao se analisar o efeito das lâminas de irrigação sobre as características, comprimento do racemo, das três cultivares através de análise de regressão, constatou-se que o modelo matemático que mais se ajustou aos dados foi o linear (não há ponto de máximo), com efeito significativo ( $p < 0,01$ ) e coeficientes de determinação de (0,9622), (0,7962) e (0,9468) para a IAC Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu respectivamente (Figura 15A).

Com relação à massa do racemo também se constatou através da análise de regressão que o modelo matemático que melhor se ajustou foi o linear para as cultivares IAC Guarani e BRS Paraguaçu e polinomial do terceiro grau para a cultivar Mirante 10, com efeito significativo ( $p < 0,01$ ). As equações ajustadas apresentaram coeficientes de determinação de (0,9945), (0,9999) e (0,9687) para a IAC Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu respectivamente. Estes valores podem ser considerados altos por tratar-se de um fenômeno biológico, demonstrando que mais de 99 % para as cultivares IAC Guarani e Mirante 10 e mais de 96 % para a BRS Paraguaçu da variação na massa do racemo pode ser explicada pelos respectivos modelos (Figura 15B).

Quanto ao efeito das diferentes lâminas de irrigação em relação ao número de frutos por racemo constatou-se que o modelo matemático linear foi o que melhor se ajustou para a IAC Guarani, enquanto o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou para BRS Paraguaçu, com efeito significativo ( $p < 0,01$ ), em que as equações ajustadas apresentaram coeficientes de determinação de (0,9550) e (0,9908) para a IAC Guarani, e BRS Paraguaçu respectivamente. Para a Mirante 10 não foi observado efeito significativo (Figura 15C).

Em todas as características produtivas avaliadas (comprimento, massa e número de frutos por racemos) constatou-se aumento destas, independente da cultivar, com o favorecimento da disponibilidade hídrica. Corroborando com Souza et al. (2007a) e Rodrigues et al. (2006), ao constatarem que a irrigação favoreceu o aumento do comprimento dos racemos e do número de frutos por racemo.

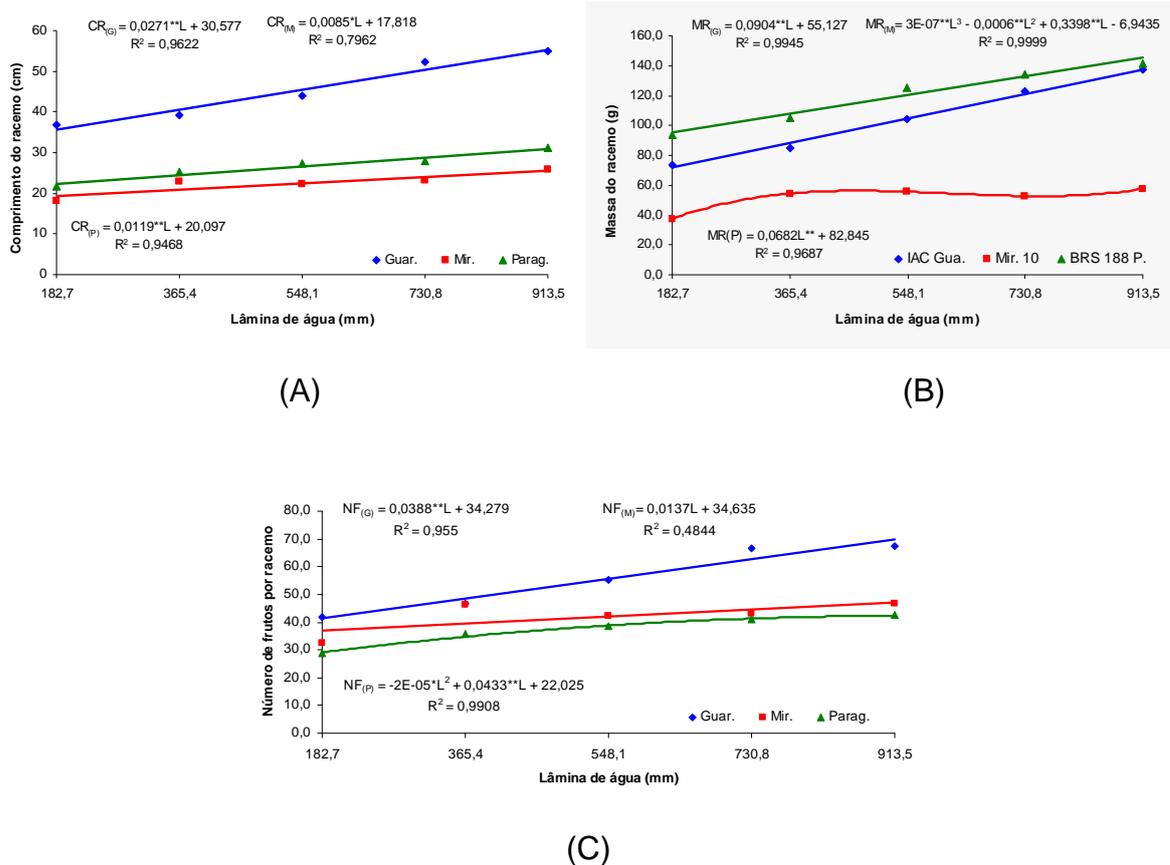


Figura 15 - Comprimento do racemo (A), Massa do racemo (B) e número de racemos por planta (C), em função das lâminas de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.

Na IAC Guarani em que se observou a maior curva de resposta para as características, comprimento do racemo e número de frutos por racemo, foi registrado acréscimo de 49 % e 61 % entre os tratamentos T1 e T5 para comprimento e número de frutos por racemos, respectivamente. Já para a BRS Paraguaçu que se destacou com a maior massa de racemo, verificou-se acréscimo de 51 % entre T1 (182,7 mm) e T5 (913,4 mm).

O fato de não se ter encontrado um ponto de máxima em nenhuma das características produtivas avaliadas, leva a crer que a maior lâmina de irrigação aplicada, 913,4 mm (125 % ECA), não foi suficiente para que as cultivares expressassem melhor seus potenciais produtivos.

O comprimento do racemo das cultivares Mirante 10 e BRS Paraguaçu, independente da lâmina de irrigação aplicada, foi superior ao observado por Costa et al. (2006) para as cultivares Mirante 10 e BRS Paraguaçu que foram de 8 cm e 12,6 cm, respectivamente. De modo semelhante, o número de frutos por racemo da cultivar Mirante 10 foi superior ao observado por Souza et al. (2007a) com 27 frutos por racemo.

#### **4.2 Massa de frutos por racemo, massa de sementes e teor de óleo**

Na Tabela 5 está exposto o resumo da análise da variância para as características massa de frutos por racemo, massa de cem sementes e teor de óleo. Houve diferença significativa a 1 % de probabilidade pelo teste F, para os efeitos de lâmina de irrigação (A), cultivar (C) e da interação lâmina de irrigação x cultivar na variável massa dos frutos, revelando dependência entre os fatores.

Com relação à massa de cem sementes foi observado efeito significativo da lâmina de irrigação (A) e cultivar (C) ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F. A falta de interação entre os fatores de produção, lâmina de irrigação x cultivar pode revelar independência entre estes.

Os teores de óleo das sementes não variaram significativamente entre as lâminas de irrigação nem tão pouco entre as cultivares, pelo teste F a 5 % de probabilidade (Tabela 5).

As maiores massas de frutos por racemo foram registradas para cultivar BRS Paraguaçu, diferenciando-se estatisticamente ( $p < 0,05$ ) da Mirante 10 em todas as lâminas de irrigação e da IAC Guarani nos tratamentos T2 (70,97 g) e T3 (87,60 g) (Tabela 6). Embora seja a cultivar que produziu o menor número de frutos por racemo, como mencionado anteriormente, a BRS Paraguaçu superou as demais cultivares com maior massa de frutos por racemo, o que se deve aos frutos de maiores tamanhos característicos desta cultivar.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para os dados de massa dos frutos do racemo, massa de cem sementes e teor de óleo das sementes de três cultivares de mamona “IAC Guarani”, “Mirante 10” e “BRS Paraguaçu”, cultivada sob cinco níveis de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008

Fontes de variação	GL	Quadrado médio		
		Massa de frutos	Massa de sementes	Teor de óleo
Bloco	2	329,46ns	5,71ns	12,69ns
Água (A)	4	1376,84**	28,77**	18,99ns
Resíduo A	8	108,93	3,75	14,16
Cultivar (C)	2	12508,44**	3019,30**	21,81ns
Interação (A x C)	8	312,49**	1,789ns	26,23ns
Resíduo B	20	69,56	3,71	17,04
CV (%)	-	10,36	4,60	10,59

(\*\*), significativo a 1 %, (ns), não significativo pelo teste F.

Tabela 6 - Massa dos frutos (g) por racemo das três cultivares, cultivada sob diferentes níveis de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008

Níveis (mm)	Cultivar		
	Guarani	Mirante	Paraguaçu
	Massa dos frutos		
182,69	66,61A	37,83C	82,56A
365,38	70,97B	53,13C	97,59A
548,07	87,60B	52,05C	113,82A
730,76	104,81A	46,22B	115,77A
913,45	114,01A	52,61B	111,78A
Médias	88,80B	48,37C	104,3A
DMS		7,71	

Médias seguidas por letras iguais maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 5 % de probabilidade.

Ao analisar o efeito das lâminas de irrigação sobre a massa de frutos do racemo das três cultivares através de análise de regressão, constatou-se que embora as cultivares tenham aumentado a massa de frutos com o aumento da disponibilidade hídrica, estas se ajustaram aos modelos matemáticos distintos, linear para a IAG Guarani, polinomial do terceiro grau para Mirante 10 e quadrática para BRS Paraguaçu, com efeito significativo ( $p < 0,01$ ) e coeficientes de determinação de (0,9714), (0,9976) e (0,9834) para a IAC Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu, respectivamente. Estes coeficientes são considerados altos em se tratando de um acontecimento biológico, demonstrando que 97,14 %, 99,76 % e 98,34 % da variação da massa dos frutos da entre as cultivares Guarani, Mirante 10

e BRS Paraguaçu, respectivamente, pode ser explicada pelos respectivos modelos matemático (Figura 18A).

Na comparação das médias da massa de cem sementes entre as cultivares, a BRS Paraguaçu obteve a maior média diferenciando-se estatisticamente ( $p < 0,05$ ) das demais cultivares com 57,88 g seguida da IAC Guarani (36,42 g) que também se diferenciou estatisticamente ( $p < 0,05$ ) da Mirante 10, em que se obteve a menor média com 31,07 g (Figura 16), seguindo a mesma ordem da componente de produção, massa dos frutos por racemo das três cultivares.

A maior massa de cem sementes, observada para a cv. BRS Paraguaçu, é resultado de seu maior tamanho comparada as sementes das demais cultivares, já sementes mais leves foram obtidas na cultivar Mirante 10 diferenciando-se estatisticamente ( $p < 0,05$ ) das demais cultivares. Resultado já previsto, uma vez que a Mirante 10 é uma cultivar que tem por característica sementes de tamanho reduzido, quando comparada com outras cultivares de importância agrícola, como relatado por Costa et al. (2006), ao avaliarem as características produtivas de diferentes genótipos de mamona. O valor médio da massa de cem sementes da cultivar Mirante 10 é semelhante ao observado por Souza (2007) que foi de 31,61 g.

Correia et al. (2006) trabalhando com a BRS Paraguaçu sob sequeiro observou valor médio de massa de cem sementes de 47,1 g, que é inferior ao valor médio verificado com a aplicação da menor lâmina de irrigação (182,7 mm) do presente trabalho de 54,11 g, constatando assim à importância da irrigação para esta característica.

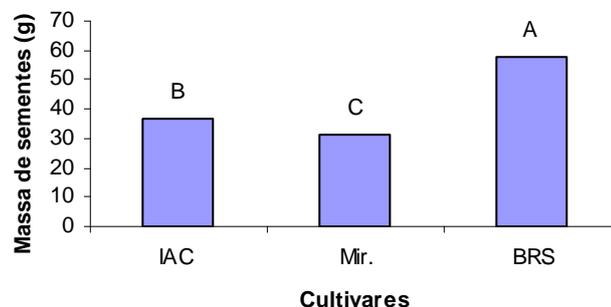


Figura 16. Média da massa de cem sementes para as três cultivares. As letras diferentes nas colunas indicam que as médias diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p = 0,05$ ), DMS = 1,78. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.

Também foi registrado aumento da massa das sementes com o favorecimento hídrico, e constatou-se através de análise de regressão, que o modelo matemático que mais se ajustou aos dados foi o quadrático para as cultivares IAC Guarani e Mirante 10 e linear para cultivar BRS Paraguaçu, com efeito significativo ( $p < 0,01$ ) e coeficientes de determinação de (0,9916), (0,8075) e (0,7578) respectivamente (Figura 17B). Os resultados obtidos corroboram com Koutrobas; Papakosta; Doitsinis (2000) ao constatarem aumento da massa de cem sementes com o uso da irrigação de suplementação.

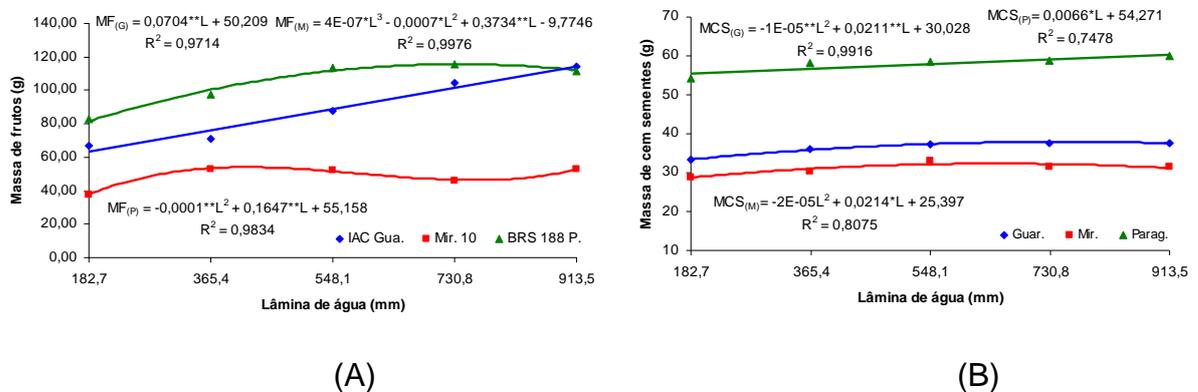


Figura 17 - Massa dos frutos do racemo (A) e Massa de cem sementes (B), em função das lâminas de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.

Ao se analisar o teor de óleo das três cultivares, verificou-se que nas sementes da Mirante 10 foi registrado o maior teor de óleo das sementes com 40,35 %, não diferindo estatisticamente ( $p < 0,05$ ) da IAC Guarani e BRS Paraguaçu que obtiveram médias muito próximas 38,14 % e 38,41 %, respectivamente.

Embora o teor óleo obtido para a cultivar Mirante 10 tenha sido próximo ao valor observado por Souza (2007) trabalhando com a mesma cultivar 42,93 %, os valores médios obtidos de 38,14 %, 40,35 % e 38,41 %, estão inferiores aos relatados na literatura 47,0 %, 47,1 % e 52,6 % para a IAC Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu respectivamente (Costa et al., 2006) . Esta diferença pode ter ocorrido por conta da metodologia para determinação do teor de óleo adotada em que no presente trabalho utilizou-se, Soxhlet, utilizando hexano como solvente, enquanto que Costa et al. (2006) utilizaram o método da espectroscopia por ressonância magnética nuclear (RMN). A este propósito Anthonisen (2007) verificou

que os teores de óleo extraído por etanol, em média de 53,8 %, foram superiores aos resultados médios obtidos com hexano, 45,5 %, quando o método Soxhlet foi utilizado. O manejo cultural adotado e as condições de cultivo também podem influenciar no teor de óleo das sementes.

A concentração de óleo nas sementes das cultivares variou de forma distinta com relação à disponibilidade hídrica. O teor de óleo na IAC Guarani aumentou linearmente com a disponibilidade hídrica, registrando um aumento de 17 % entre os tratamentos T1 com 34,83 % e T5 com 40,64 %. Já com relação a Mirante 10 e Paraguaçu este aumento foi menos expressivo e só ocorreu até o T3 com 43,20 % e 42,28 % em que foi observado aumento de aproximadamente 8,6 e 8,0 % quando comparados com o T1 para a Mirante 10 e BRS Paraguaçu respectivamente. Com o aumento da disponibilidade hídrica, a partir do T3 observou-se decréscimo do teor de óleo das sementes das duas cultivares. Discordando com o que foi observado por Laureit et al. (2000) ao constatarem aumento do teor de óleo até 49,3 % com o uso da irrigação. Não foi verificado efeito significativo do teor de óleo das cultivares em função da disponibilidade hídrica, nem tão pouco, um modelo matemático que se ajustasse ao efeito das lâminas de irrigação sobre teor de óleo das sementes nas três cultivares. Isto pode ter ocorrido por conta da metodologia para determinação do teor de óleo adotada no presente trabalho, Soxhlet, utilizando hexano como solvente. Segundo Tambascia; Teixeira (1984) o uso desta metodologia pode dificultar a determinação do teor de óleo das sementes de mamona devido a perdas durante moagem e manuseio das amostras.

#### **4.3 Número de racemos por planta, produção por planta e potencial produtivo**

Pelos resumos das análises das variâncias observa-se efeito significativo em nível de 1 % de probabilidade, pelo teste F, para as variáveis número de racemos por planta, produção de grãos por planta e potencial produtivo, para os fatores lâminas de irrigação e cultivares (Tabela 7). Contudo, houve interação significativa entre os fatores água e cultivar A x C pelo teste F a 1 % de probabilidade, apenas para a característica número de racemos por planta, o que demonstra dependência destes fatores, para esta variável de produção.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para os dados de número de racemos por planta, produção de sementes por planta e potencial produtivo por hectare de três cultivares de mamona “IAC Guarani”, “Mirante 10” e “BRS Paraguaçu”, cultivada sob cinco níveis de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008

Fontes de variação	GL	Quadrado médio		
		Número de racemos	Produção por planta	Potencial produtivo
Bloco	2	0,77ns	4946,65ns	123666,40ns
Água (A)	4	49,02**	164704,30**	4117608**
Resíduo A	8	0,49	3429,82	85745,63
Cultivar (C)	2	82,40**	81860,14**	2046503**
Interação (A x C)	8	4,39**	3217,66ns	80441,58ns
Resíduo B	20	0,68	2240,43	56010,94
CV (%)		9,48	13,77	13,77

(\*\*), significativo a 1 %, (ns), não significativo pelo teste F.

Quanto ao rendimento de racemos por planta não foi observado diferença estatística entre as cultivares no tratamento T1 (182,69 mm). Contudo, com o aumento da disponibilidade hídrica, a Mirante 10 diferenciou-se estatisticamente ( $p < 0,05$ ) da IAC Guarani e BRS Paraguaçu, levando a crer que a Mirante 10 usa a água com mais eficiência para esta componente de produção, quando comparado às demais cultivares. A IAC Guarani foi a cultivar de menor desempenho, nesta componente de produção, embora não tenha verificado diferença estatística da BRS nos tratamentos T1, T2 e T5 (Tabela 8).

O número de racemos obtidos para Mirante 10 de 13,92 racemos por planta com o tratamento T5 (913,45 mm) foi bem inferior ao observado por Souza (2007) de 36,91 racemos por planta. Esta diferença deve-se, provavelmente, ao total de água fornecida durante o ciclo da cultura, que no experimento de Souza (2007) foi de 1.533 mm. Segundo o autor, o manejo da irrigação possibilita condições para que a cultura prolongue o ciclo, produzindo mais racemos, já que a mamoneira é uma planta de crescimento indeterminado que permanece crescendo e produzindo enquanto houver disponibilidade de água e nutrientes.

Tabela 8 - Número médio de racemos por planta das três cultivares, cultivada sob diferentes níveis de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008

Níveis (mm)	Cultivar		
	Guarani	Mirante	Paraguaçu
	Número de racemos		
182,69	4,00A	5,67A	5,50A
365,38	6,55B	9,42A	7,50B
548,07	6,25C	13,00A	9,25B
730,76	7,25C	13,75A	10,40B
913,45	8,33B	13,92A	9,83B
Médias	6,48C	11,15A	8,50B
DMS	0,76		

Médias seguidas por letras iguais maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 5 % de probabilidade.

O efeito das lâminas de irrigação sobre o número de racemos produzidos por planta (Figura 19), através de uma análise de regressão, foi mais bem representado por uma equação linear para a IAC Guarani e quadrático para a Mirante 10 e BRS Paraguaçu, com coeficiente de determinação de (0,8584), (0,9929) e (0,9954), respectivamente.

A maior curva de resposta do número de racemos por planta com o aumento da disponibilidade hídrica foi observada na cultivar Mirante 10. Foram obtidos 5,67, 9,42, 13,00, 13,75 e 13,92 racemos por planta, para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 respectivamente, uma diferença de 145 % entre o número de racemos por planta dos tratamentos T1 e T5 (Figura 18). Resultado semelhante ao reportado por Souza et al. (2007), que obtiveram aumento de 148 % no número médio de racemos quanto ao uso da irrigação. Por outro lado, os resultados obtidos divergem de Costa et al. (2006), que observaram em sua pesquisa que a BRS Paraguaçu emitiu maior número de racemos por planta quando comparada com a Mirante 10 que foram de 9,9 e 8,4, respectivamente. O número de racemos por planta obtidos por estes autores para cultivar BRS Paraguaçu se assemelham com os dados obtidos no tratamento T5 do presente trabalho de 9,83 racemos por planta.

O aumento do número de racemos, estimulado pela disponibilidade hídrica, afeta diretamente o potencial produtivo da cultura. No tratamento T1, as cultivares apresentaram aproximadamente 4, 6 e 6 racemos por planta, com potencial produtivo de 730,9 kg ha<sup>-1</sup>, 565,3 kg ha<sup>-1</sup> e 1047,8 kg ha<sup>-1</sup>, para a IAC

Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu, respectivamente. Com o aumento da disponibilidade hídrica para T5, o número de racemos por planta aumentou 8, 14 e 10, proporcionando um potencial produtivo para 2.353,7 kg ha<sup>-1</sup>, 2.248,1 kg ha<sup>-1</sup> e 2.872,5 kg ha<sup>-1</sup>, o que representa um acréscimo de 100 %, 130 % e 66,7 % no rendimento de racemos por planta e 220 %, 297 % e 174 % na produtividade das cultivares. Souza et al. (2007b) e Koutroubas; Papakosta; Doitsinis. (2000) também relataram a importância do aumento no número de racemos por planta, proporcionado pela maior disponibilidade hídrica, resultado do uso da irrigação, para o incremento da produtividade da mamoneira.

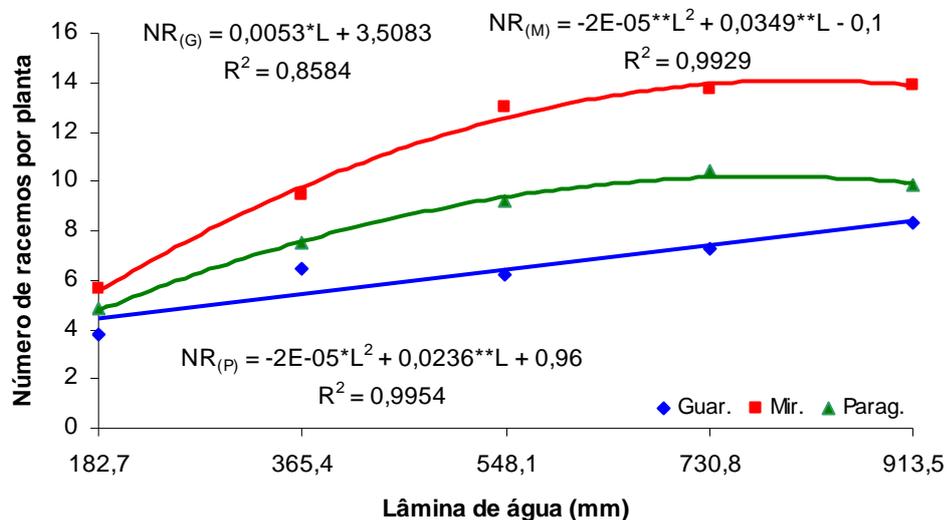


Figura 18 - Número de racemos por planta, em função das lâminas de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.

O melhor rendimento médio de grãos por planta (429 g) e potencial produtivo por hectare (2.245,27 kg ha<sup>-1</sup>) foi observado para cultivar BRS Paraguaçu, diferenciando-se estatisticamente ( $p < 0,05$ ) das demais cultivares (Figura 19 A e B). Este resultado pode ter ocorrido em função desta cultivar ter se destacado das demais quanto à massa das sementes, e embora tenha sido a cultivar de menor produção de frutos por racemo, este baixo desempenho pode ter sido compensado pela maior massa dos seus racemos e bom desempenho na produção de racemos por planta.

A produção média de grão por planta da IAC Guarani (301 g) e da Mirante 10 (300 g) ficaram muito próximos (Figura 19 A), embora a IAC Guarani

tenha se destacado nas componentes, número de frutos por racemo e massa de cem sementes. Como já mencionado, produzido 31 % a mais de sementes por racemo e sementes 83,6 % mais pesadas quando comparada com a Mirante 10. A única componente de produção em que a Mirante 10 foi superior a IAC Guarani foi com relação à produção de racemos por planta. Desse modo, fica evidente que a produtividade da mamoneira está relacionada a várias componentes de produção e que para a cultivar Mirante 10 a componente número de racemos por planta é fundamental para o aumento da produtividade. Os resultados corroboram com Koutrobas, Papakosta e Doitsini (2000) ao enfatizarem que diferentes cultivares respondem de forma diferente a um mesmo manejo cultural.

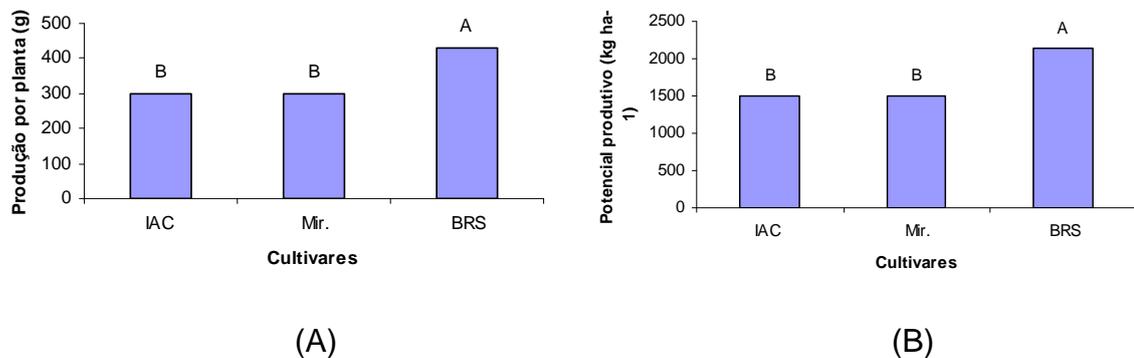


Figura 19 - Produção média de grão por planta das três cultivares (A), Potencial produtivo médio por hectare das três cultivares (B). As letras diferentes nas colunas indicam que as médias diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p = 0,05$ ), DMS = 43,75 e 218,76. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.

Ao analisar o efeito das lâminas de irrigação sobre o potencial produtivo através de análise de regressão, constatou-se que o modelo matemático que mais se ajustou aos dados foi o linear para a cultivar IAC Guarani e quadrático para as cultivares Mirante 10 e BRS Paraguaçu, com efeito significativo ( $p < 0,01$ ) e coeficientes de determinação de (0,9873), (0,9765) e (0,9904), respectivamente (Figura 20).

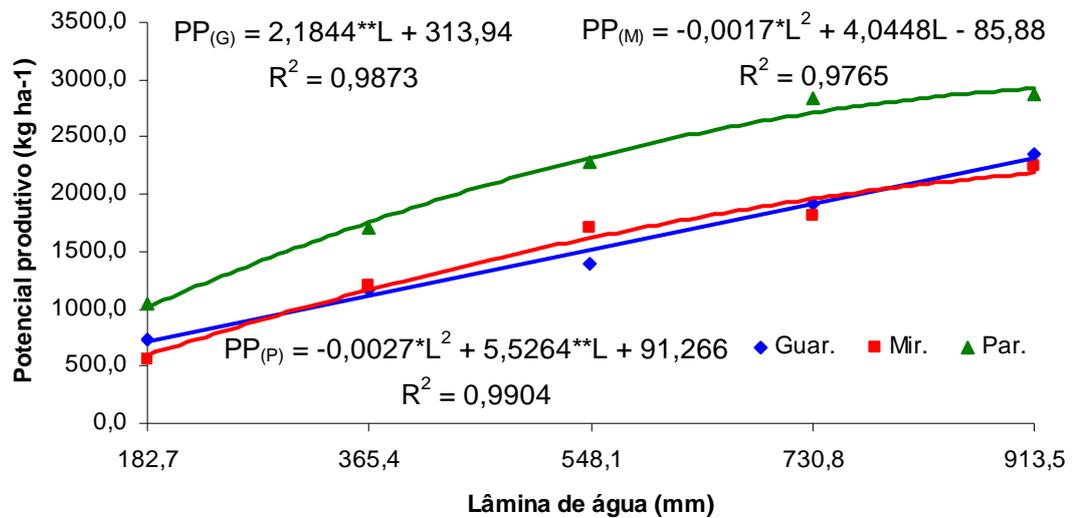


Figura 20 - Potencial produtivo das cultivares IAC Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu, em função das lâminas de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.

As produtividades máximas com a elevação da disponibilidade hídrica no solo foram de 2.353,66, 2.248,07 e 2.872,48 kg ha<sup>-1</sup>, para as cultivares IAC Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu obtidas no tratamento T5, 125% da ECA, respectivamente (Figura 20). As produtividades alcançadas para as cultivares Mirante 10 e BRS Paraguaçu foram superiores as obtidas por Costa et al. (2006), para a Mirante (800 kg ha<sup>-1</sup>) e BRS Paraguaçu (2.181,1 kg ha<sup>-1</sup>). Por outro lado, Nobre (2007) obteve produtividade superior para a cultivar IAC Guarani (4.161 kg ha<sup>-1</sup>). Provavelmente, esse fato se deve a disponibilidade hídrica de 1.288 mm por ciclo, enquanto no presente trabalho a maior lâmina de irrigação aplicada foi de 913,5 mm por ciclo. Outra possível explicação, pode ser o espaçamento de 1 x 1 utilizado por Nobre (2007), aumentando a densidade de plantas por área. A redução do espaçamento, entre linhas de planta, proporciona aumento da produtividade (SEVERINO et al., 2006a).

Independente da lâmina de irrigação, a cultivar BRS Paraguaçu foi a que alcançou maior potencial produtivo, diferenciando-se estatisticamente ( $P < 0,05$ ) da IAC Guarani e Mirante 10. Estes resultados estão condizentes com Costa et al. (2006), ao verificarem que a produtividade da BRS Paraguaçu foi superior a produtividade da cultivar Mirante 10. Este melhor desempenho da cultivar BRS Paraguaçu, provavelmente deve-se a sua melhor adaptação as condições edafoclimática da região, pois é a única entre as três cultivares avaliadas, a

recomendada para o plantio no estado do Ceará pelo zoneamento agrícola para mamoneira. A cultivar Mirante 10 foi a mais vulnerável a deficiência hídrica, pois houve uma redução drástica no potencial produtivo quando se aplicou a menor lâmina de irrigação de 182,69 mm, com um potencial de 565,26 kg ha<sup>-1</sup>. Houve oscilação do potencial produtivo entre as cultivares Mirante 10 e IAC Guarani. Cultivar Mirante 10 obteve melhor desempenho entre as lâminas de irrigação aplicadas 365,38 mm a 730,76 mm com 1.194,51 kg ha<sup>-1</sup> e 1.802,77 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Não foi encontrado o ponto de máxima, o que leva a crer que as cultivares não expressaram todo o seu potencial produtivo.

#### **4.4 Contribuição relativa da ordem do racemo no potencial produtivo**

Através da análise de regressão, observou-se o efeito dos níveis de irrigação sobre a contribuição relativa da ordem dos racemos das três cultivares (Figura 21). Houve uma tendência do aumento da contribuição dos racemos secundários e terciários na produtividade das cultivares com o aumento da disponibilidade hídrica e o oposto para o racemo primário, em que se observou redução da participação deste com o aumento dos níveis de irrigação. Constatou-se que apenas para a cultivar IAC Guarani, as três ordem de racemos, ajustaram-se ao modelo quadrático, com elevados coeficientes de determinação, (0,9018), (0,7936) e (0,8353) para os racemos primários, secundários e terciários, respectivamente (Figura 21 A).

Já para cultivar Mirante 10, o modelo matemático que melhor tenha se ajustou para as três ordem de racemos foi o quadrático, sendo considerado baixo o coeficiente de determinação para os racemos secundários (0,5356) (Figura 21 B). O mesmo foi observado para a cultivar BRS Paraguaçu que embora o modelo quadrático tenha se ajustado para os racemos primários com elevado coeficiente de determinação (0,8732), para os racemos secundários este coeficiente foi baixo (0,5066) (Figura 21 C). Não foi encontrado um modelo matemático que explicasse a influência dos níveis de irrigação sobre a contribuição relativa dos racemos terciários na produtividade desta cultivar.

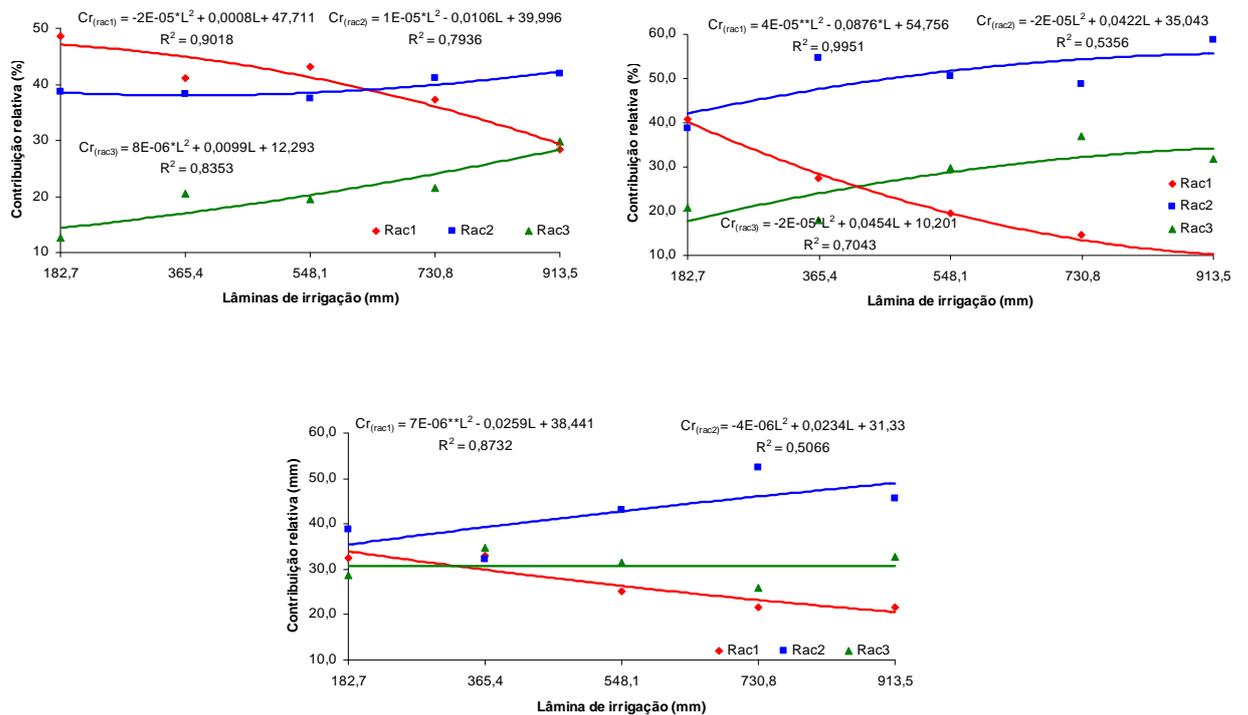


Figura 21 - Contribuição relativa dos racemos de primeira a terceira ordem na produtividade total das cultivares IAC Guarani (A), Mirante 10 (B) e BRS Paraguaçu (C), com o aumento dos níveis de irrigação. FEVC, Pentecoste, CE, 2008.

Os racemos secundários foram os que mais contribuíram para a produtividade da cultura com médias de 39,5 %; 50,2 % e 42,5 % para as cultivares IAC Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu, respectivamente, fato também observado por Souza et al. (2007).

No tratamento T1 (182,7 mm), a maior contribuição na produtividade total deu-se pelos racemos primários com 48,6 %; 40,7 % e 32,6 %, e secundários com 38,6 %; 38,6 % e 38,9 % para IAC Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu, respectivamente, enquanto no tratamento T5 (913,4 mm), os racemos terciários passaram a ter relevante participação na produtividade da cultura com 29,8 %; 31,7 % e 32,7 %, chegando a superar a contribuição dos racemos secundários, 28,4 %; 9,7 % e 21,6 %. Revelando que quanto menor a disponibilidade hídrica maior será a contribuição dos racemos primários e terciários, fato também observado por Souza et al. (2007b) ao constatarem que a percentagem de contribuição dos racemos primários e secundários aumenta em condições de sequeiro. Koutroubas; Papakosta, Doitsinis (2000) reportam que a contribuição relativa da ordem do

racemo não é uma característica estável, e depende das condições ambientais, da época de plantio, da cultivar e do regime de cultivo utilizado, sequeiro ou irrigado.

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, podem-se deduzir as seguintes conclusões:

- Nas três cultivares estudadas, o uso da irrigação promoveu aumentos significativos do comprimento do racemo, número de frutos por racemos, número de racemos por planta, massa do racemo, massa dos frutos, massa de cem sementes e potencial produtivo;
- A IAC Guarani teve maior comprimento de racemo e número de frutos por racemos; enquanto a Mirante 10 superou as demais cultivares no teor de óleo e número de racemos por planta; já as maiores massas do racemo, massa dos frutos, massa de cem sementes e potencial produtivo foram observados para a BRS Paraguaçu;
- Os maiores potenciais produtivos foram de 2.353,65 , 2.248,07 e 2.872,48 kg ha<sup>-1</sup> obtidos com a lâmina de irrigação referente a 125% ECA (913,4 mm) para as cultivares IAC Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu, respectivamente.
- A disponibilidade hídrica influenciou na participação relativa das ordens dos racemos no potencial produtivo da mamoneira. Os racemos secundários foram os que mais contribuíram na produtividade total.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTHONISEN, D. G. **Caracterização de genótipos de mamona : marcadores RAPD, teor de óleo nas sementes por Soxhlet e RMN e rendimento da extração do óleo usando etanol.** 2007. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Pelotas.

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

BARRETO, A. N.; AMARAL, J. A. B. Quantificação de água necessária para a mamoneira irrigada com base nas constantes hídricas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

BELTRÃO, N. E. de M.; ARAUJÓ, A. E. de; GONÇALVES, N. P.; AMARAL, J. A. B. do; SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D. **Ordenamento ambiental e época de plantio da mamoneira (*Ricinus communis*) para a região Norte de Minas Gerais.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004, 6 p. (Comunicado Técnico, 207).

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Eds.). **O Agronegócio da mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2001. cap. 2, p. 37-62.

BELTRÃO, N. E. de M; CARDOSO, G. D. **Informações sobre o sistema de produção em condições irrigada: Condições gerais.** Campina Grande, 2003, 4 p. (Documentos, 132).

BELTRÃO, N. E. de M; CARDOSO, G. D. **Informações sobre o sistema de produção utilizados na ricinocultura na região Nordeste, em especial o semi-árido e outros aspectos ligados a sua cadeia.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006, 6 p. (Comunicado técnico).

BELTRÃO, N. E. de M; GONDIM, T. M. de S; PEREIRA, J. R; SEVERINO, L. S; CARDOSO, G. D. Estimativa da produtividade primária e partição de assimilados na cultura da mamona no semi-árido brasileiro. **Rev. bras. ol. fibros.**, Campina Grande, v.9, n.1/3, p.925-930, jan./dez. 2005.

BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D.; SEVERINO, L. S. **Sistemas de produção para a cultura da mamona na agricultura familiar no semi-árido nordestino**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. Folder.

BERNARDO, S.; SOARES, A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**, 7ª edição; Viçosa, UFV, Imprensa universitária, 2005, 611p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará**. Rio de Janeiro: MAPA/SUDENE, 1973. v. 1, p.301 (Boletim técnico, 28).

CARNEIRO, R. A. F. A produção de biodiesel na Bahia. **Conjuntura e Planejamento**, Salvador, n.112, p.35. 2003.

CARTAXO, W. V.; BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, O. R. R. F.; SEVERINO, L. S.; SUASSUNA, N. D.; SOARES, J. J. **O cultivo da mamona no semi-árido brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 20p. (Embrapa Algodão . Circular Técnica, 77).

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

CEARÁ. Portaria Nº 204, DE 19 DE NOVEMBRO DE 2007. Prova o Zoneamento Agrícola para a cultura de mamona no Estado do Ceará, ano-safra 2007/2008. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 nov.2007. Seção 1 , p. 38.

CHIERICE, G. O.; NETO, S. C. A aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (eds. tec.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. cap. 5, p. 89-118.

CONAB, **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/MamonaSerieHist.xls>>. Acesso em: 13 out. 2008.

CORRÊA, 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, 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 Brasília, 2006.

EMBRAPA SOLOS. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Sistema de produção de Informação – SPI, 1999. 412p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. **BRS Paraguaçu e BRS Nordestina. Tecnologia Embrapa para o semi-árido brasileiro**. Campina Grande, 2004. Folder

FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P. Melhoramento Genético. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F.; **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Embrapa Algodão. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 229-256.

GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento**. 3 ed. Campina Grande: UFP, 1999. 412p.

HIKWA, D.; MUGWIRA, L. M. Response of castor cultivar “Hake” to rate and method of nitrogen fertilizer application in different environments of Zimbabwe. **African Crop Science Journal**, v. 5, n. 2, p. 175-188, mar. 1997. Disponível em: <<http://biolineinternational>>. Acesso em: 07 out 2008.

HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social**. Brasília: Coordenação de Publicações, 2004. p. 13-60. (Série cadernos de altos estudos; n.1).

HOLANDA, A. **Biodiesel: Combustível para cidadania**. Brasília: Plenarium, 2006. 30p. (Série Ação Parlamentar, 326).

JUDICE, C. E. C. Probiodiesel: visão do MCT. In: Seminário de Biodiesel do Estado do Paraná, 1., 2003, Londrina. **Anais...** Londrina: SEITEC/CGPS, 2003.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. **Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation**, 133 p. 1975.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Adaptation and yielding ability of castor plant (*Ricinus communis* L.) genotypes in a Mediterranean climate. **European journal of agronomy**, v. 11, p. 227-237, 1999. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/eja>>. Acesso em: 01 de Jan. 2008.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Water requirements for castor oil crop (*Ricinus communis* L.) in a Mediterranean climate. **J. Agro. & Crop Science**, Berlin, p. 33-41, 2000. Disponível em: < <http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1046/j.1439-037x.2000.00357.x?cookieSet=1>> Acesso em: 18 de jun. 2008.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531p.

LAURETI, D.; FEDELI, A. M.; SCARPA, G. M.; MARRAS, G. F. Performace of castor (*Ricinus communis* L.) in a Mediterranean climate. **J. Agro. & Crop Science, Berlin**, p. 33-41, 2000. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science>>. Acesso em: 12 out. 2008.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F.; **Irrigação: Princípios e Métodos**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 318 p.

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

NOBRE, J. G. A. **Respostas da mamona à irrigação e à aplicação de potássio em argissolo vermelho-amarelo**. 2007. 75f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará.

NOBREGA, M.B. de M.; ANDRADE, F.P de; SANTOS, J.W. dos; LEITE, E.J. Germoplasma. In: AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F. (Eds. Tec.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 257-281.

OLSNES, S. The history of rucin, abrin and related. **Toxicon**, v. 44, p. 361-370, 2004. Disponível em: <<http://www.elsevier.com.br/locate/toxicon>> Acesso em: 23 jul. 2007

OPLINGER, E. S.; OELKE, E. A; KAMINSKI, A R.; COMBS, S. M.; DOLI, J. D; SCHULER, R. T. **Ricinus communis L. Field crops manual**, 1997. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/castor.html>>. Acesso em: 25 de mai. 2008.

**Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará – Fortaleza**, 1993, p202.

RODRIGUES, L. N.; NERY, A. R.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Mamoneira irrigada com efluente de esgoto doméstico sob diferentes níveis de reposição da evapotranspiração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracajú. Cenário Atual e Perspectiva - **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. CD-ROOM.

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**, Bragança Paulista, v. 20, n. 2, p. 183-194, 2002.

SANTOS, F. J. de; LIMA, R. N. de; RODRIGUES, B. H. N.; CRISÓSTOMO, L. A.; SOUSA, F. de; OLIVEIRA, J. J. G. **Manejo da Irrigação da Melancia: Uso do Tanque Classe “A”**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004 13p (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 20).

SANTOS, R. F. dos.; BARROS, M. A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. de. T.; REQUIÃO, L. E. G. Análise econômica. In: AZEVEDO, D. M. P de; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Informação Tecnológica, 2001. p 63-76.

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

SCHURR, U.; HECKENBERGER, U.; HERDEL, K.; WALTER, A.; FEIL, R. Leaf development in *Ricinus communis* during drought stress: dynamics of growth processes, of cellular structure and of sink-source transition. **Journal of Experimental Botany**. Oxford, v. 51, n. 350, p. 1515-1529, sep. 2000. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science>>. Acesso em: 01 dez. 2007.

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. DE A.; GONDIM, T. M. DE S.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. DE M. Crescimento e produtividade da mamoneira influenciada por plantio em diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agrônômica**, v.37, n.1, p.50-54, 2006a.

SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; E CARDOSO, G. D. Avaliação da produtividade e teor de óleo de dez genótipos de mamoneira cultivados em altitude inferior a 300 metros. **Revista Ciência Agrônômica**, v.37, n.2, p.188, 2006b.

SILVA, A. F.; ANJOS, J. B. dos; DRUMOND, M. A.; MLANE, M.; NÓBREGA, M. B. de M.; SUASSUNA, T. de M. F.; AMORIM, S. A.; FERNANDES, S. C. Avaliação de cultivares de mamona em condições de semi-árido do nordeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA 1. 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

SILVA, J. G. F. da; COELHO, E. F. Irrigação do mamoeiro. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. de F. S. da (Eds). **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória, ES: Incaper, p. 163-198, 2003.

SILVA, S. D. dos A. e; CASAGRANDE JUNIOR, J. G.; AIRES, R. F. **Sistema de produção da mamona**. Pelotas, RS, 2007. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/cultivares.htm>>. Acesso em: 12 out. 2008.

SOUZA, A. dos S. **Manejo cultural da mamoneira: Época de plantio, irrigação, espaçamento e competição de cultivares**. 2007. 211f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Fortaleza.

SOUZA, A. dos S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; BEZERRA, F. M. L. Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. II – crescimento e produtividade. **Rev. Ciên. Agron.**, Fortaleza, v.38, n.4, p.422-429, Dez., 2007b.

SOUZA, A. dos S.; 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. **Rev. Ciên. Agron.**, Fortaleza, v.38, n.4, p.414-421, Out.- Dez., 2007a.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 792p.

TAMBASCIA, M.; TEIXEIRA, J. P. F. Mamona: Determinação quantitativa do teor de óleo. **Bragantia**, Campinas, v. 45 n.1, p. 23-27, 1986.

TÁVORA, F. J. A. F.; ALVES, F. J.; QUEIROZ, G. M. de; PINHO, J. L. N. de. Estudo da densidade de plantio em mamona anã *Ricinus communis* L. **Revista Ciência Agronômica**, v. 4, n.1/2, p. 89- 93, 1974.

VASCONCELOS, M. A. C. de. **Informações sobre o cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.)**. Fortaleza: EMATECE, 1990. 19p.

VIEIRA, J. M. S. **O biodiesel e o desafio da inclusão social**. In: HOLANDA, A. Biodiesel e inclusão social. Brasília: Coordenação de Publicações, 2004. p. 143-150. (Série cadernos de altos estudos; n.1).

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