



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



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Tese de Doutorado

INFLUÊNCIA DA ÁGUA DISPONÍVEL DO SOLO
EM DOIS CULTIVARES DE MAMONA, NOS
PRIMEIRO E SEGUNDO CICLOS DE PRODUÇÃO

LEOBERTO DE ALCANTARA FORMIGA

Biblioteca UFCG
SMBC_CDSA
CAMPUS DE SUMÉ
Reg. 10543/12

Campina Grande
Paraíba



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



TESE

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**INFLUÊNCIA DA ÁGUA DISPONÍVEL DO SOLO EM DOIS CULTIVARES DE
MAMONA, NOS PRIMEIRO E SEGUNDO CICLOS DE PRODUÇÃO**

LEOBERTO DE ALCANTARA FOR

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
Novembro - 2011**

LEOBERTO DE ALCANTARA FORMIGA
ENGENHEIRO AGRÍCOLA, M. SC.

**INFLUÊNCIA DA ÁGUA DISPONÍVEL DO SOLO EM DOIS CULTIVARES DE
MAMONA, NOS PRIMEIRO E SEGUNDO CICLOS DE PRODUÇÃO**

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

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

CAMPINA GRANDE – PB

Novembro - 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

F725i Formiga, Leoberto de Alcantara.

Influência da água disponível do solo em dois cultivares de mamona, nos primeiro e segundo ciclos de produção / Leoberto de Alcantara Formiga. - Campina Grande, 2011.

143f.: il.

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

Orientador: Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra.

Referências.

1. Manejo de Poda. 2. Água Disponível do Solo. 3. Mamona – *Ricinus communis* L.. I. Título.

CDU 631.432.2 (043)



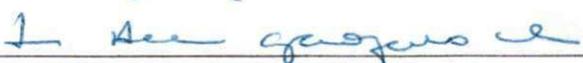
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

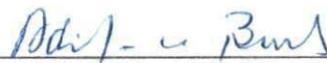
LEOBERTO DE ALCANTARAS FORMIGA

INFLUÊNCIA DA ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO EM DOIS CULTIVARES DE MAMONA, NOS PRIMEIRO E SEGUNDO CICLO DE PRODUÇÃO”

BANCA EXAMINADORA


Dr. Hugo Orlando Carllavo Guerra - Orientador


Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves – Orientador


Dr. Adilson David de Barros – Examinador


Dr. Rogério Dantas de Lacerda – Examinador


Dr. José Renato Bezerra Cortez – Examinador

PARECER

Aprovado

Aprovado

Aprovado

APROVADO

A PROVA DO

NOVEMBRO - 2011





A meus pais, Leônidas e Eunice (In Memoriam); à minha esposa Angela Maria, a meus filhos, Leonardo e Vanessa, a meus irmãos, tios, primos, sobrinhos, familiares e amigos, que sempre acreditaram e me apoiaram nesta busca pelo conhecimento,

dedico

AGRADECIMENTOS

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

Ao orientador Professor Doutor Hugo Orlando Carvalho Guerra, pelos ensinamentos, parceria e amizade.

À EMBRAPA – CNPA, pela realização das análises do teor de óleo das sementes da mamona.

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

À Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, na pessoa da Magnífica Reitora Professora Marlene Alves Sousa Luna e do Vice-Reitor Professor Aldo Bezerra Maciel, as Pró-Reitoras de Administração Professora Célia Regina Diniz (Pró-Reitora) e Maria Socorro Barbosa (Pró-Reitora Adjunta), aos(as) Pró-Reitores(as) de Pós-Graduação e Pesquisa da UEPB Professores(as) Marcionila Fernandes (Pró-Reitora) e Ethan Barbosa (Pró-Reitor Adjunto), ao Pró-Reitor de Planejamento e Desenvolvimento Professor Antônio Rangel Júnior, ao Pró-Reitor de Recursos Humanos Professor Sandy Gonzaga, ao Procurador Geral Professor Ebenezer Pernambucano e aos amigos da PROAD: Elza Lucena, Pollyanna Xavier, Angélica Lucena, Francisco Rodrigues, Kerryane e Karine e da amiga Josélia Maria de Aguiar Nacre, pelo apoio recebido.

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



À coordenação e aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande; ao pessoal técnico-administrativo do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do Departamento de Engenharia Agrícola, na pessoa da Professora Dra. Lúcia Helena Garofalo Chaves, por sua contribuição na análise laboratorial dos dados de água, solo e planta.

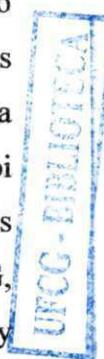
Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.



INFLUÊNCIA DA ÁGUA DISPONÍVEL DO SOLO EM DOIS CULTIVARES DE MAMONA, NOS PRIMEIRO E SEGUNDO CICLOS DE PRODUÇÃO

RESUMO

Neste trabalho foram estudados diferentes aspectos do manejo da cultura da mamona em condições de campo, visando à otimização do uso da água, e ao rendimento da mamona, em primeiro e segundo ciclos, obtido em condições de rebrote através de poda. A pesquisa foi desenvolvida no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais – CCAA, Campus II da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, localizado no Sítio Imbaúba, s/n, Zona Rural, Município de Lagoa Seca - PB, Microrregião de Campina Grande, Agreste Paraibano, com altitude média de 634 m, no período de outubro de 2008 a outubro de 2009. O solo utilizado foi um franco-arenoso com baixo teor de matéria orgânica. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 4, constituído de dois cultivares de mamona (BRS 149 - Nordestina e o BRS 188 – Paraguaçu) e quatro níveis de água disponível no solo (40, 60, 80 e 100%), distribuídos em 3 blocos. A área útil de cada parcela experimental era de 100 m² na qual foram cultivadas 50 plantas, espaçadas 2m x 1m. O solo foi adubado com superfosfato triplo em fundação na quantidade de 120 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e em cobertura de 100 kg.ha⁻¹ de K₂O e de 100 kg.ha⁻¹ de N, nas formas de cloreto de potássio e ureia, parcelados em porções iguais em intervalos de 10 dias, aplicadas via fertirrigação, a primeira aplicação ocorrendo 20 dias após o semeio. O experimento foi conduzido durante dois ciclos consecutivos de 180 dias, o segundo realizado a partir de uma poda drástica das plantas, na altura de 30 cm em relação ao nível do solo. O conteúdo de água disponível do solo foi monitorado na frequência de dois dias, através de uma sonda de TDR segmentada. Os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa SISVAR – ESAL – Lavras, MG, através do qual foi feita a análise de variância (ANAVA), aplicando-se os Testes F e de Tukey para a comparação das médias dos tratamentos e análise de regressão para o fator quantitativo de água disponível. Avaliaram-se: altura, diâmetro do caule, área foliar e inflorescências: dias para emissão da 1ª inflorescência e sua respectiva altura e número total de inflorescências, fitomassa, razão de área foliar, consumo e eficiência do uso da água, produção de frutos e sementes e teor de óleo nas sementes. Verificou-se que o aumento da disponibilidade hídrica no solo aumentou todos os índices de crescimento e/ou desenvolvimento das plantas, com



incrementos substanciais na produtividade e na qualidade final do produto. O segundo ciclo da cultura, obtido a partir da poda drástica, apresentou padrões de crescimento e/ou desenvolvimento e capacidade produtiva semelhantes aos do primeiro ciclo, com elevado padrão de qualidade do produto final, demonstrando a viabilidade técnica de condução a um segundo ciclo da mamona, a partir da poda drástica das plantas.

Palavras-chave: Rebrote, manejo de poda, Mamona - *Ricinus communis* L.



INFLUENCES OF SOIL AVAILABLE WATER IN TWO CULTIVARS OF CASTOR OIL IN THE FIRST AND SECOND PRODUCTION CYCLES

ABSTRACT

This study examined different aspects of management of castor bean in the field, aiming to optimize water use and yield of castor bean in the first and second cycle, obtained under conditions of regrowth through pruning. The research was conducted at the Centro de Ciências Agrárias e Ambientais – CCAA, Campus II da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, located on the Sitio Imbaúba, s/n, Rural Zone, Lagoa Seca, PB, Micro region of Campina Grande, Paraíba Agrestic, with an average altitude of 634 m in the period October 2008 to October 2009. It was used a sandy loam soil with low organic matter content. The experimental design was randomized blocks in factorial 2 x 4, consisting of two castor bean cultivars (BRS 149 - Nordeste and BRS 188 - Paraguaçu) and four levels of available soil water (40, 60, 80 and 100 %), distributed in three blocks. Each plot had a surface area of 100 square meters where they were cultivated 50 plants, spaced 2m x 1m. The soil was fertilized with triple superphosphate in foundation in the amount of 120 kg ha⁻¹ P₂O₅ and included 100 kg.ha⁻¹ K₂O and 100 kg.ha⁻¹ N in the forms of potassium chloride and urea, split in equal portions at intervals of 10 days via fertigation, with the first application occurring 20 days after sowing. The experiment was conducted for two consecutive cycles of 180 days, and the second cycle performed from a drastic pruning of the plants to a height of 30 cm from the ground level. The available water content of soil was detected and replaced at intervals of two days through a segmented TDR probe. The data were statistically analyzed using the program SISVAR - ESAL – Lavras, MG, which was made through the analysis of variance (ANOVA), applying the F test and Tukey test for comparison of treatment means and regression analysis for the quantitative factors available water. They were evaluated: height, stem diameter, leaf area, flowering, days to issue their 1st and their respective height and total number of inflorescences, biomass, leaf area ratio, consumption and efficiency of water use, production of fruits and seeds and oil content in seeds. It was found that increased soil water availability has increased all indices of growth and / or development of plants with substantial increases in productivity and quality of the final product. The second cycle of the culture obtained from the drastic pruning, showed growth patterns and/or development and production capabilities similar to the first cycle, with high standards of product quality,

demonstrating the feasibility of conducting a second round of castor from a drastic pruning of the plants.

Keywords: Regrowth, pruning management, Castor bean - *Ricinus communis* L.

Lista de Figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Curva de retenção de água do solo..... | 41 |
| Figura 2. Croqui da área experimental com a disposição das parcelas | 45 |
| Figura 3. Croqui da parcela experimental | 46 |
| Figura 4. Altura da mamoneira em função da água disponível do solo | 56 |
| Figura 5. Diâmetro do caule em função da água disponível do solo..... | 59 |
| Figura 6. Área foliar da mamoneira em função da água disponível do solo | 62 |
| Figura 7. Fitomassa da parte aérea da mamoneira em função da água disponível do solo | 65 |
| Figura 8. Razão de área foliar da mamoneira em função da água disponível do solo | 68 |
| Figura 9. A) Número de dias para emissão da 1ª inflorescência e B) altura de emissão da 1ª inflorescência da mamoneira, em função da água disponível do solo | 70 |
| Figura 10. Número de inflorescências da mamoneira em função da água disponível do solo. | 72 |
| Figura 11. Produtividade de frutos da mamoneira em função da água disponível do solo..... | 73 |
| Figura 12. A) Peso médio de 100 frutos, B) peso médio de 100 sementes e C) relação semente/fruto da mamoneira em função da água disponível do solo..... | 76 |
| Figura 13. Teor de óleo nas sementes da mamoneira em função da água disponível do solo . | 78 |
| Figura 14. Lâmina de água aplicada no solo no cultivo da mamoneira em função da água disponível do solo..... | 81 |
| Figura 15. Eficiência do uso de água no cultivo da mamoneira em função da água disponível do solo. | 83 |
| Figura 16. Altura da mamoneira em função da água disponível do solo em segundo ciclo | 86 |
| Figura 17. Diâmetro do caule da mamoneira em função da água disponível do solo em segundo ciclo..... | 89 |
| Figura 18. Área foliar da mamoneira em função da água disponível do solo, em segundo ciclo | 92 |
| Figura 19. Fitomassa da parte aérea da mamoneira em função da água disponível do solo, em segundo ciclo..... | 95 |
| Figura 20. Razão de área foliar da mamoneira em função da água disponível do solo, em segundo ciclo..... | 98 |
| Figura 21. A) Número de dias para emissão da 1ª inflorescência e B) altura de emissão da 1ª inflorescência da mamoneira, em função da água disponível do solo em segundo ciclo | 101 |

| | |
|--|-----|
| Figura 22. Número de inflorescências emitidas da mamoneira, em função da água disponível do solo em segundo ciclo | 101 |
| Figura 23. Produtividade de frutos da mamoneira em função da água disponível do solo, em segundo ciclo..... | 103 |
| Figura 24. A) Peso médio de 100 frutos, B) peso médio de 100 sementes e C) relação semente/fruto da mamoneira em função da água disponível do solo, em segundo ciclo. | 105 |
| Figura 25. Teor de óleo nas sementes da mamoneira em função da água disponível do solo, em segundo ciclo..... | 108 |
| Figura 26. Consumo de água da mamoneira em função da água disponível do solo, em segundo ciclo..... | 109 |
| Figura 27. Eficiência do uso de água no cultivo da mamoneira em função da água disponível do solo, em segundo ciclo. | 111 |

Lista de Tabelas

- Tabela 1 - Resumo das análises de variância referente à variável altura da planta dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo 54
- Tabela 2 - Resumo das análises de variância referentes à variável diâmetro do caule dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo 57
- Tabela 3 - Resumo das análises de variância referentes à variável área foliar dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo 61
- Tabela 4 - Resumo das análises de variância referente à variável fitomassa da parte aérea dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo 64
- Tabela 5 - Resumo das análises de variância referente à variável razão de área foliar dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo 67
- Tabela 6 - Resumo das análises de variância referente ao número de dias para a emissão da primeira inflorescência, altura da primeira inflorescência e número total de inflorescências dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo.... 69
- Tabela 7 - Resumo das análises de variância referente à variável produtividade dos frutos dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo 73
- Tabela 9 - Resumo das análises de variância referente à variável Teor de óleo das sementes dos cultivares de mamona BRS 149 – Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo 78
- Tabela 10 - Resumo das análises de variância referentes à variável Lâmina de água aplicada aos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo 80
- Tabela 11 - Resumo das análises de variância referente à variável Eficiência do uso de água dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo (AD)..... 82

| | |
|--|-----|
| Tabela 12 - Resumo da análise de variância referente à variável altura da planta dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordeste e BRS 188 - Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo | 85 |
| Tabela 13 - Resumo da análise de variância referente à variável diâmetro do caule dos cultivares de mamona BRS 149-Nordestina e BRS 188-Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo..... | 88 |
| Tabela 14 - Resumo da análise de variância referente à variável área foliar dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordeste e BRS 188 - Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo | 91 |
| Tabela 15 - Resumo da análise de variância referente à variável Fitomassa da parte aérea (FT) dos cultivares de mamona BRS 149-Nordestina e BRS 188-Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo (AD) ... | 93 |
| Tabela 16 - Resumo da análise de variância referente à variável razão de área foliar dos cultivares de mamona BRS 149-Nordestina e BRS 188-Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo..... | 97 |
| Tabela 17 - Resumo das análises de variância referente à variável número de dias para a emissão da primeira inflorescência, altura da primeira inflorescência e número total de inflorescências dos cultivares de mamona BRS 149-Nordestina e BRS 188-Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo..... | 100 |
| Tabela 18 - Resumo das análises de variância referente à variável produtividade de frutos dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordeste e BRS 188 - Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo..... | 102 |
| Tabela 19 - Resumo das análises de variância referente à variável peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação semente/fruto dos cultivares de mamona BRS 149 – Nordeste e BRS 188 – Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo (AD)..... | 104 |
| Tabela 20 - Resumo das análises de variância referentes à variável Teor de óleo nas sementes dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordeste e BRS 188 - Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo | 107 |
| Tabela 21 - Resumo das análises de variância referente à variável Lâmina de água aplicada aos cultivares de mamona BRS 149 - Nordeste e BRS 188 - Paraguaçu – | |

segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo
..... 109

Tabela 22 - Resumo das análises de variância referente à variável Eficiência do uso de água
dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 – Paraguaçu –
segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo
..... 110

Lista de Quadros

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Características físico-hídricas do solo | 40 |
| Quadro 2 – Características químicas do solo (continua...) | 41 |
| Quadro 2 – Características químicas do solo (...continuação) | 42 |
| Quadro 3 - Características da água de irrigação | 43 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 21 |
| 2. OBJETIVO GERAL..... | 23 |
| 2.1. Objetivos Específicos | 23 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 24 |
| 3.1. A cultura da mamona..... | 24 |
| 3.2. Cultivares..... | 26 |
| 3.3. Necessidades hídricas da mamona..... | 27 |
| 3.4. Manejo da cultura | 31 |
| 3.5. Produção e produtividade da mamona..... | 35 |
| 3.6. Importância econômica da mamona | 37 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS..... | 39 |
| 4.1. Localização | 39 |
| 4.2. Clima..... | 39 |
| 4.3. Geologia..... | 39 |
| 4.4. Solo | 40 |
| 4.4.1. Características físico-hídricas do solo no intervalo de 0 – 40 cm de profundidade da superfície | 40 |
| 4.4.2. Características químicas do solo..... | 41 |
| 4.5. Qualidade da água de irrigação..... | 42 |
| 4.6. Cultivares de mamona | 42 |
| 4.7. Sistema de irrigação..... | 44 |
| 4.8. Tratamentos e delineamento estatístico | 44 |
| 4.9. Instalação e condução do experimento | 46 |
| 4.10. Variáveis analisadas em cada ciclo..... | 48 |
| 4.10.1. Altura de planta (AP)..... | 48 |
| 4.10.2. Diâmetro do caule (DC)..... | 48 |
| 4.10.3. Área foliar (AF) | 49 |
| 4.10.4. Fitomassa da parte aérea (FT)..... | 49 |
| 4.10.5. Razão de área foliar (RAF)..... | 50 |

| | |
|---|-----|
| 4.10.6. Dias para emissão da 1ª inflorescência (DEI), altura de emissão da 1ª inflorescência (AEI) e número total de inflorescências emitidas (NIE) | 50 |
| 4.10.7. Produtividade de frutos..... | 50 |
| 4.10.8. Peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação semente/fruto... | 51 |
| 4.10.9. Teor de óleo nas sementes | 51 |
| 4.10.10. Lâmina de água aplicada | 51 |
| 4.10.11. Eficiência do uso de água | 52 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 53 |
| 5.1. PRIMEIRO CICLO | 53 |
| 5.1.1. Altura da planta..... | 53 |
| 5.1.2. Diâmetro do caule..... | 56 |
| 5.1.3. Área Foliar | 60 |
| 5.1.4. Fitomassa da parte aérea..... | 63 |
| 5.1.5. Razão de área foliar - RAF | 66 |
| 5.1.6. Dias para emissão da 1ª inflorescência, altura da primeira inflorescência e número de inflorescências emitidas..... | 69 |
| 5.1.7. Produtividade de frutos..... | 72 |
| 5.1.8. Peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação semente/fruto..... | 74 |
| 5.1.9. Teor de óleo das sementes | 77 |
| 5.1.10. Lâmina de água aplicada | 79 |
| 5.1.11. Eficiência do uso de água | 81 |
| 5.2. SEGUNDO CICLO | 84 |
| 5.2.1. Altura da planta - AP | 84 |
| 5.2.2. Diâmetro do caule - DC..... | 87 |
| 5.2.3. Área Foliar – AF | 90 |
| 5.2.4. Fitomassa da parte aérea - FT | 92 |
| 5.2.5. Razão de área foliar - RAF | 96 |
| 5.2.6. Dias para emissão da 1ª inflorescência (DEI), altura de emissão da 1ª inflorescência (AEI) e número total de inflorescências emitidas (NIE) | 98 |
| 5.2.7. Produtividade de frutos..... | 101 |
| 5.2.8. Peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação semente/fruto... | 104 |
| 5.2.9. Teor de óleo nas sementes | 106 |
| 5.2.10. Lâmina de água aplicada | 108 |
| 5.2.11. Eficiência do uso de água | 110 |

| | |
|----------------------|-----|
| 6. CONCLUSÕES | 112 |
| 7. REFERÊNCIAS | 113 |
| ANEXOS | 128 |

1. INTRODUÇÃO

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

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

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

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

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

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

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



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

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

Como forma de viabilizar um segundo ciclo da cultura da mamona a partir de um rebrote, sem necessidade de erradicação da cultura, novo preparo de solo, aquisição de novas sementes, dentre outros, pode-se optar, ao final do primeiro ciclo da cultura, por uma poda da planta, recomendada para cultivares de portes médios e altos, cujos efeitos preconizados para esta prática, são: a redução do porte da planta, o estímulo à emissão de ramos laterais, maior crescimento horizontal e a consequente supressão de plantas daninhas, além do estímulo ao rendimento da lavoura (AZEVEDO et al., 2007).

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de diferentes níveis de água disponível (AD) do solo no crescimento, desenvolvimento, produtividade e qualidade do produto final dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e o BRS 188 – Paraguaçu, nas fases fenológicas da cultura em dois ciclos consecutivos de 180 dias, sendo o segundo ciclo obtido a partir de uma poda drástica.

2.1. Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito de diferentes níveis de água disponível do solo no desenvolvimento e produtividade dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e o BRS 188 – Paraguaçu, nos primeiro e segundo ciclos;
- Avaliar o efeito de diferentes níveis de água disponível do solo sobre a qualidade do produto final dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e o BRS 188 – Paraguaçu, nos primeiro e segundo ciclos;
- Avaliar o potencial produtivo dos cultivares de mamona em condições de segundo ciclo obtido a partir de uma poda drástica;
- Estabelecer níveis mínimos de água disponível no solo que promovam produtividade e qualidade final do produto economicamente viável.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. A cultura da mamona

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

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

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

cm, podendo chegar a 60 cm. Do tipo digitolobadas, denticuladas e com pecíolos longos, com 20 a 50 cm de comprimento, apresentam filotaxia alternada do tipo 2/5 (duas folhas em cada cinco voltas de 360° no eixo do caule). As principais variações nas folhas da mamoneira estão na cor, na cerosidade, no número de nervuras principais, no comprimento do pecíolo, no número de glândulas e na profundidade dos lóbulos. Em geral, há sete lóbulos em cada folha, os quais podem apresentar cor verde ou avermelhada.

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

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

O botão floral feminino tem forma cônica estreita, possui pedúnculo geralmente não-articulado e cálice com cinco sépalas desiguais. O fruto da mamona, que é o ovário fecundado e desenvolvido, é uma cápsula que pode ser lisa ou com estrutura semelhante a espinhos, podendo ser deiscentes ou indeiscentes. Os frutos podem ser pouco papilados, muito papilados, inerme liso e inerme rugoso. O cacho, que é a infrutescência, tem conformação cônica, cilíndrica ou mais ou menos esférica. De acordo com Mazzani (1983), a variabilidade dos frutos se manifesta na cor, na cerosidade, na forma, no tamanho, na deiscência, na caducidade e na presença ou ausência de papilas (acúleos), vulgarmente denominados espinhos. A semente é o óvulo da flor, após a fertilização. É muito variável na mamoneira, envolvendo cor, forma, tamanho, peso, proporção do tegumento, presença ou ausência de carúncula e maior ou menor aderência do tegumento ao endosperma. O peso de 100 sementes varia de 10 a 100 g, ou seja, de 0,1 a 1,0 g por semente.

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

3.2. Cultivares

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

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

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

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

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

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

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

3.3. Necessidades hídricas da mamona

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

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

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

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

O estresse hídrico reduz o tamanho da folha, a extensão do caule e a proliferação de raiz, altera as relações hídricas das plantas e reduz a eficiência do uso da água. As plantas exibem uma variedade de respostas fisiológicas e bioquímicas ao estresse hídrico tanto a nível celular como a nível de organismo, como um todo. A assimilação de CO₂ pelas folhas é reduzida, sobretudo pelo fechamento dos estômatos, ocorrem danos de membrana e redução da atividade enzimática, em especial as de fixação de CO₂ e a síntese de ATP. As espécies reativas de oxigênio (ROS) causam prejuízos às macromoléculas, sendo um dos principais obstáculos para o crescimento (FAROOQ et al., 2009).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.4. Manejo da cultura

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

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

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

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

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

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

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

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

Sousa et al. (2008) determinaram, avaliando o uso da água pela cultura da mamoneira, cultivar “BRS ENERGIA”, irrigada por gotejamento, no município de Mossoró, RN, com diferentes lâminas de irrigação (0,6; 0,8; 1,0; 1,2; e 1,4 da ETc) e diferentes densidades entre plantas (1,50 m x 0,30 m x 0,30 m e 1,50 m x 0,30 m x 0,40 m), a eficiência do uso da água para cada nível de irrigação através da relação entre o peso total de frutos (kg) e o consumo de água (m³) durante o ciclo da cultura. Houve decréscimo na eficiência com o incremento na lâmina aplicada sendo o maior valor correspondente a 0,72 kg m⁻³, alcançado com o regime de 60% da ETc (3.043,91 kg ha⁻¹).

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

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

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

A poda, segundo Weiss (1983), é uma operação recomendada para cultivares de portes médio e alto mas nunca para os tipos anãs. Os efeitos preconizados para esta prática são a redução do porte da planta, o estímulo à emissão de ramos laterais, maior crescimento

horizontal e a consequente supressão natural de plantas daninhas, além do estímulo ao aumento do rendimento da lavoura. Os custos desta operação devem ser levados em consideração, tanto quanto seus efeitos no rendimento da planta.

Ainda segundo Azevedo et al (2007), esse tipo de poda deve ser efetuado na altura de 30 a 50 cm, imediatamente após a última colheita, no final do primeiro ciclo. Se possível, todo o resto cultural deverá ser queimado, com o propósito de evitar a propagação de pragas e doenças.

Há evidências de que a poda de 30 a 60 cm poderá reduzir a altura e aumentar a ramificação havendo, porém, redução de rendimento (KHAN, 1973). A poda deve ser feita logo após a última colheita da lavoura, cortando-se o caule principal a aproximadamente 50 cm do solo e podando também eventuais ramos laterais. A poda somente dos ramos é uma prática de resultado duvidosa e mais onerosa por utilizar maior quantidade de mão-de-obra.

De acordo com Azevedo et al (2007), a eliminação da gema apical antes do lançamento do primeiro cacho, não é recomendada, visto que impede a formação do cacho principal, que é responsável pela maior parte da produção da planta e induz a formação de maior número de cachos que, por sua vez, aumentam a mão-de-obra de colheita; além disso, não há garantia de aumento de produtividade.

Segundo Janick (1968), é preferível não efetuar a operação de poda na estação de crescimento em decorrência da perda adicional de fotossintatos translocados. Como, de modo geral, as reservas em carboidratos e outros fotossintatos estão localizados nas raízes, a poda no período de dormência fisiológica, ou seja, após a colheita e antes do começo do inverno, é mais benéfica do que quando realizada em pleno período de crescimento, caso em que parte das reservas acumuladas foi translocada para a parte aérea da planta e será perdida quando da poda.

Um aspecto muito importante em relação à poda é a ocorrência da doença podridão-dos-ramos, causada pelo fungo *Botryodiplodia* sp. Esta doença é mais grave em locais quentes, secos e com solos de baixa fertilidade natural. Em regiões favoráveis à sua ocorrência, a maior parte das plantas não sobrevive ao período seco, entre o final da colheita e o início da estação chuvosa do ano seguinte, de forma que a poda para aproveitamento da lavoura durante 2 anos é uma prática inviável. Em tais locais o cultivo precisa ser replantado a cada ano (AZEVEDO et al., 2007).

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

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

A vantagem da poda é que, no segundo ciclo a planta dispõe de um vigoroso sistema radicular e parte do caule já formado, dispensando gastos com energia para a formação dessas estruturas. Outra vantagem é o melhor aproveitamento da água, haja vista a planta já ter o sistema radicular formado, podendo aproveitar melhor as primeiras chuvas e ter um período reprodutivo mais longo. A redução dos custos de produção também deve ser considerada como vantagem, de vez que despesas com preparo de solo, plantio, sementes e capinas, são evitadas (AZEVEDO et al., 2007).

3.5. Produção e produtividade da mamona

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

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

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

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

Ocorreu um período de retomada do cultivo da mamona a partir de 2003, com um pico de produção em 2005, em função do lançamento de diversos programas governamentais que visavam estimular o plantio da mamona. O crescimento da área cultivada dobrou em praticamente todas as áreas produtoras de mamona. O excesso de oferta fez os preços despencarem, os preços mínimos estabelecidos pelo governo não foram mantidos, os agricultores acumularam dívidas e reduziram o plantio no ano seguinte (CONAB, 2007).

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

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

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

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

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

3.6. Importância econômica da mamona

A importância econômica do óleo de mamona é evidenciada através da larga aplicação industrial; da industrialização da semente obtém-se, como produto principal, o óleo de rícino, que contém 90% de ácido ricinoleico e serve de matéria prima em diversas aplicações industriais: têxtil, papéis, química, borracha e plásticos, fármacos, eletroeletrônicos e telecomunicações, tintas, adesivos e lubrificantes (SANTOS et al., 2007; GONÇALVES et al., 2005), na biomedicina (utilizando derivados do óleo no processo de reparação óssea) (LAUREANO FILHO, 2007; BOLSON et al., 2005; FRAZILIO et al., 2006) e na produção de biocombustíveis (CHIERICE e CLARO NETO, 2007).

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

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

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

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

Com base no artigo 2º da Lei nº 11.097/2005, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) antecipou a obrigatoriedade da adição de 2 % (BRASIL, 2008a) de biodiesel ao diesel mineral comercializado em todo o Brasil, para 1º de janeiro e 3 %

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

Essas antecipações são uma tentativa de trazer maior equilíbrio ao mercado do biodiesel. A antecipação do B3, por exemplo, é uma medida para fortalecer o mercado que, atualmente, está sofrendo com a enorme capacidade de produção estagnada, paralisando investimentos ou com dificuldade de cumprir os prazos para a entrega do produto (UDOP, 2008). Apesar de a capacidade instalada de produção de biodiesel superior, teoricamente, a quantidade atual demandada, a produção não tem atendido aos volumes arrematados nos leilões de biodiesel: contratados no período de 2005 a 2007, apenas 42% foram entregues e em 2008 já existia um déficit de 65 mil m³; em agosto de 2008 apenas 68,3% do que foi contratado foram entregues e dos 100 mil m³ referentes aos direitos de compra adquiridos pela Petrobrás para estoque emergencial, apenas 53 mil m³ foram entregues (GARCIA, 2007).

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

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização

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

4.2. Clima

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

4.3. Geologia

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

4.4. Solo

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

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

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

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

Quadro 1 – Características físico-hídricas do solo

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

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

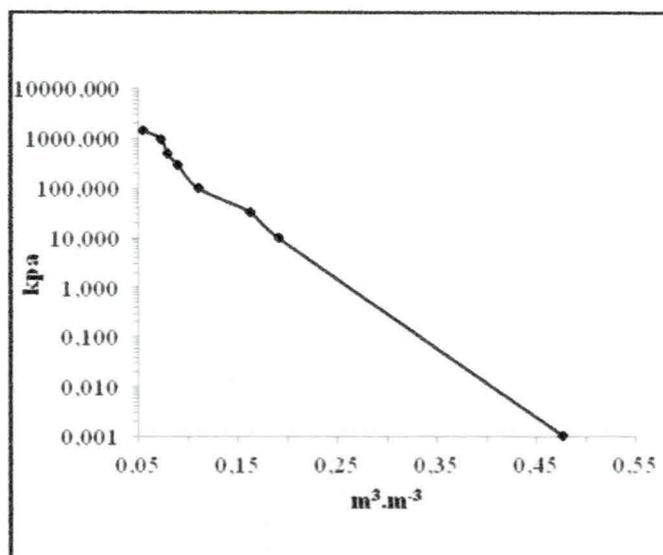


Figura 1. Curva de retenção de água do solo

4.4.2. Características químicas do solo

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

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

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

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

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

4.5. Qualidade da água de irrigação

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

4.6. Cultivares de mamona

Os cultivares estudados foram o BRS 149 - Nordestina e o BRS 188 – Paraguaçu; as plantas do cultivar BRS 149 - Nordestina têm altura média de 1,90 m, caule de coloração verde com cerosidade, racemo cônico, frutos semideiscentes e sementes de coloração preta, com período entre a emergência da plântula e a floração do primeiro racemo de 50 dias, em média; peso médio de 100 sementes de 68g; teor de óleo na semente de 48,90 % e com

verde com cerosidade, racemo cônico, frutos semideiscentes e sementes de coloração preta, com período entre a emergência da plântula e a floração do primeiro racemo de 50 dias, em média; peso médio de 100 sementes de 68g; teor de óleo na semente de 48,90 % e com produtividade média, também em sementes, de 1.500 kg/ha em condições de sequeiro no semiárido brasileiro, em anos normais quanto à precipitação pluvial. O ciclo a partir da emergência das plântulas à última colheita é de 250 dias, em média (EMBRAPA, 2004). O cultivar BRS 149 - Nordeste em neste ensaio foi identificado como N.

Quadro 3 - Características da água de irrigação

| Características | Valor |
|--|--------------|
| pH | 7,32 |
| Condutividade Elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) | 880 |
| Cálcio (meq l^{-1}) | 1,71 |
| Magnésio (meq l^{-1}) | 2,29 |
| Sódio (meq l^{-1}) | 4,30 |
| Potássio (meq l^{-1}) | 0,58 |
| Carbonatos (meq l^{-1}) | 0,00 |
| Bicarbonatos (meq l^{-1}) | 3,38 |
| Cloratos (meq l^{-1}) | 4,90 |
| Sulfatos (meq l^{-1}) | 0,00 |
| Relação de adsorção de Sódio (RAS) | 3,05 |
| Classe | C3 |

As plantas do cultivar BRS 188 - Paraguaçu têm altura média de 1,60 m, caule de coloração roxa com cerosidade, racemo oval, frutos semideiscentes e sementes de coloração preta. O período entre a emergência da plântula e a floração do primeiro racemo é de 54 dias, em média; peso médio de 100 sementes de 71g; teor médio de óleo na semente de 47,72 % e com produtividade média e ciclo vegetativo similar ao BRS 149 - Nordeste (EMBRAPA, 2004). O cultivar BRS 188 - Paraguaçu neste ensaio foi identificado como P.

4.7. Sistema de irrigação

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

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

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

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

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

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

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

4.8. Tratamentos e delineamento estatístico

O delineamento experimental utilizado em cada ensaio foi o de blocos ao acaso, no esquema fatorial 2 x 4, constituído de dois cultivares de mamona BRS 149 – Nordeste e BRS 188 - Paraguaçu e quatro níveis de água disponível do solo em três blocos, cada bloco medindo 10 x 80 m, contendo 08 parcelas em cada bloco, e cada parcela medindo 10 x 10 m. Os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa estatístico SISVAR – ESAL – Lavras, MG, através do qual foi feita a análise de variância (ANAVA) aplicando-se o teste de Tukey a 5 % de probabilidade para a comparação das médias dos tratamentos qualitativos e análise de regressão para o fator quantitativo, de acordo com Ferreira (2000).



Cada parcela experimental foi constituída de uma área total de 100 m² correspondendo à área útil de 48 m²; nela foram cultivadas 50 plantas, espaçadas a 2 x 1m, com 24 plantas úteis e 26 de bordadura, conforme Figuras 1 e 2.

O experimento foi conduzido por dois ciclos consecutivos, cada um de 180 dias sob condições de campo; o primeiro ciclo com o semeio e o segundo ciclo iniciado com o rebrote obtido a partir da poda drástica da mamoneira, a 30 cm de altura, a partir da superfície do solo.

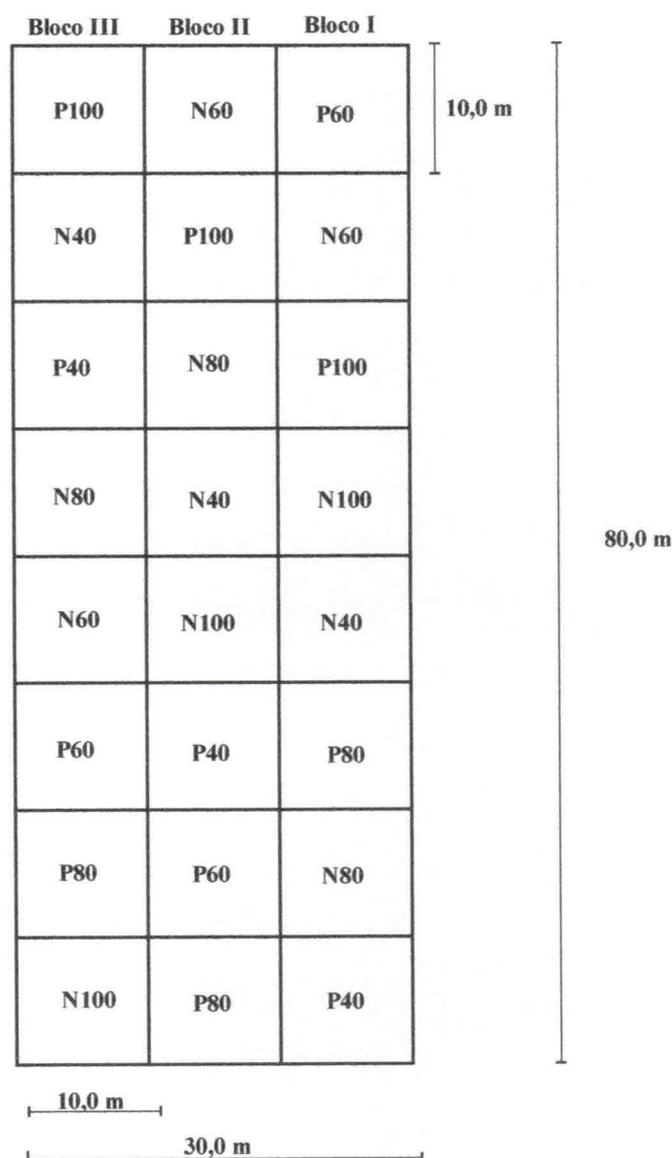


Figura 2. Croqui da área experimental com a disposição das parcelas
 N = Cultivar BRS 149 - Nordeste
 P = Cultivar BRS 188 - Paraguaçu
 40, 60, 80 e 100 = nível de água disponível (%)

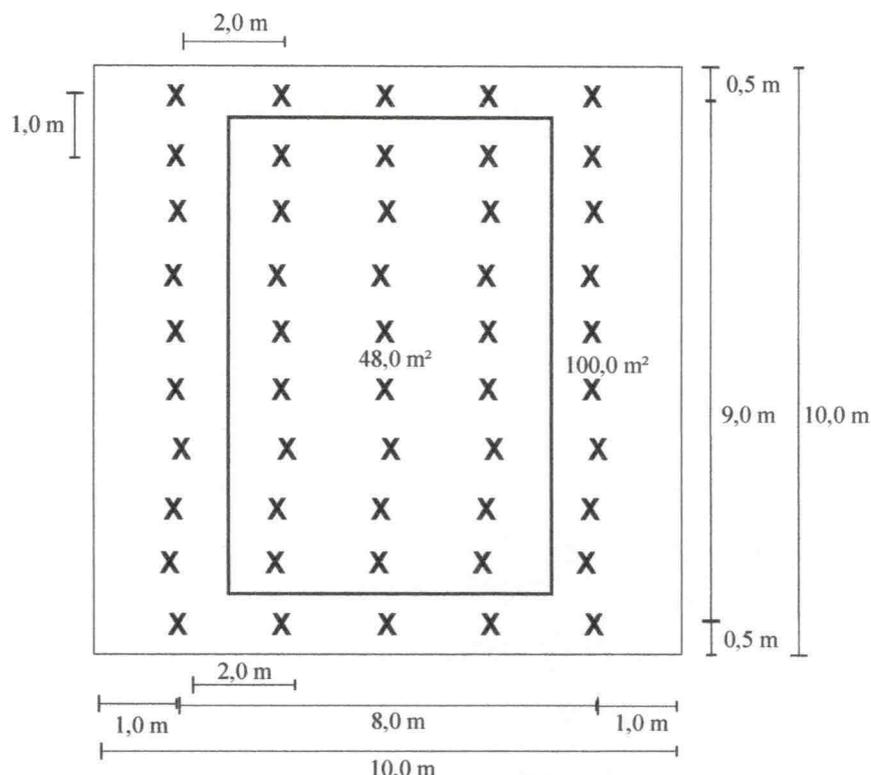


Figura 3. Croqui da parcela experimental
(X representa uma planta de mamona)

4.9. Instalação e condução do experimento

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

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

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

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

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

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

sendo:

AD - água disponível em cm;

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

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

D - densidade do solo;

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

Z - profundidade efetiva das raízes de mamona, em cm

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

Aos vinte dias após a sementeira (20 DAS), foi realizado um desbaste deixando-se apenas as duas plantas mais vigorosas por cova e um segundo desbaste, aos 30 DAS, deixando-se apenas uma planta; a partir dos 60 DAS coletou-se uma planta por parcela para análise do desempenho de crescimento e desenvolvimento do cultivar, procedendo-se nova

coleta de dados aos 90, 120, 150 e 180 dias, época em que se realizou uma poda drástica, cortando-se as plantas a 30 cm do colo (tomando-se como base a superfície do solo), dando início ao segundo ciclo de cultivo; sessenta dias após a poda novas determinações voltaram a ser realizadas para esses mesmos parâmetros de crescimento, desenvolvimento, produtividade e qualidade final do produto.

O solo foi adubado com superfosfato triplo em fundação com 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 e em cobertura com 100 kg ha^{-1} de K_2O e de N nas formas de cloreto de potássio e ureia, respectivamente, divididos em intervalos de 10 dias aplicados via fertirrigação, com a primeira aplicação 20 dias após o semeio; a adubação para o segundo ciclo foi executada nas mesmas quantidades, seguindo-se a mesma forma de aplicação do primeiro ciclo.

4.10. Variáveis analisadas em cada ciclo

4.10.1. Altura de planta (AP)

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

4.10.2. Diâmetro do caule (DC)

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



4.10.3. Área foliar (AF)

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

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

$$\sum_{i=1}^n \text{LOG}(Y) = \sum_{i=1}^n \{-0,346 + [2,152 * \text{LOG}(X)]\}$$

donde:

Y = área foliar (cm²)

X = comprimento da nervura central da folha (cm)

n = número de folhas

4.10.4. Fitomassa da parte aérea (FT)

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



4.10.5. Razão de área foliar (RAF)

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

$$\text{RAF} = \frac{\text{AF}}{\text{FPA}} \text{ (cm}^2\text{g}^{-1}\text{)}$$

em que:

AF = área foliar no tempo t (cm²);

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

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

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

4.10.7. Produtividade de frutos

Foram contados e pesados todos os frutos maduros produzidos nos dois ciclos. Após sua coleta, foram postos para secar ao ar até apresentarem peso constante.

4.10.8. Peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação semente/fruto

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

4.10.9. Teor de óleo nas sementes

O teor de óleo nas sementes foi determinado através da técnica de Ressonância Magnética Nuclear (RMN), utilizando-se um espectrômetro da marca Oxford 4000 de onda contínua para análise quantitativa, com base na emissão de corrente de rádio frequencial de 250 mA, para um volume de amostra de 40 cm³ e tempo de integração de 20 segundos, de acordo com a metodologia proposta pela Oxford Instruments (1995).

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

4.10.10. Lâmina de água aplicada

Foram computadas, a cada 2 dias, as quantidades de água em lâmina, aplicadas às plantas, obtidas em função das leituras realizadas através do TDR e processadas a partir de uma planilha eletrônica (Microsoft Excel) na qual foi obtido a lâmina de água necessária para manutenção dos níveis pré-estabelecidos nos respectivos tratamentos, e a contribuição da precipitação efetiva proveniente das chuvas ao longo do período de condução dos ensaios totalizando a lâmina cumulativa, formando-se um banco de dados dos quantitativos de água a serem repostos diariamente até os 180 dias, bem como o consumo cumulativo para todo o período. Utilizou-se uma faixa molhada de 0,6 m de largura onde foi aplicada a lâmina de



água necessária a cada tratamento, distribuída numa área molhada correspondente a 33% da área total ($2 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$), ou seja, $0,6 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$.

4.10.11. Eficiência do uso de água

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

Eficiência = quilogramas de fitomassa/metros cúbicos de água consumidos (kg m^{-3})

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. PRIMEIRO CICLO

5.1.1. Altura da planta

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

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

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

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

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

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

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

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

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

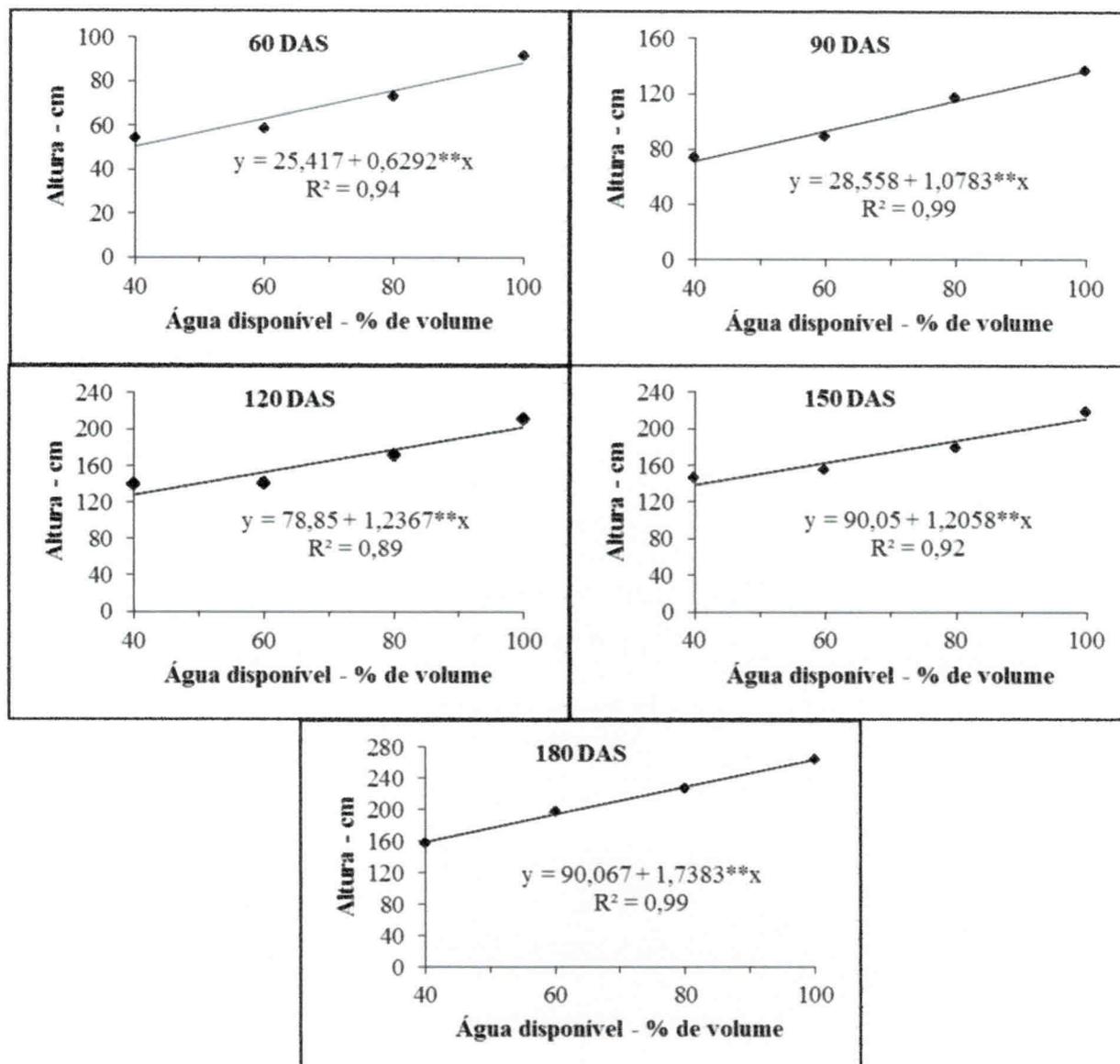


Figura 4. Altura da mamoneira em função da água disponível do solo

5.1.2. Diâmetro do caule

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

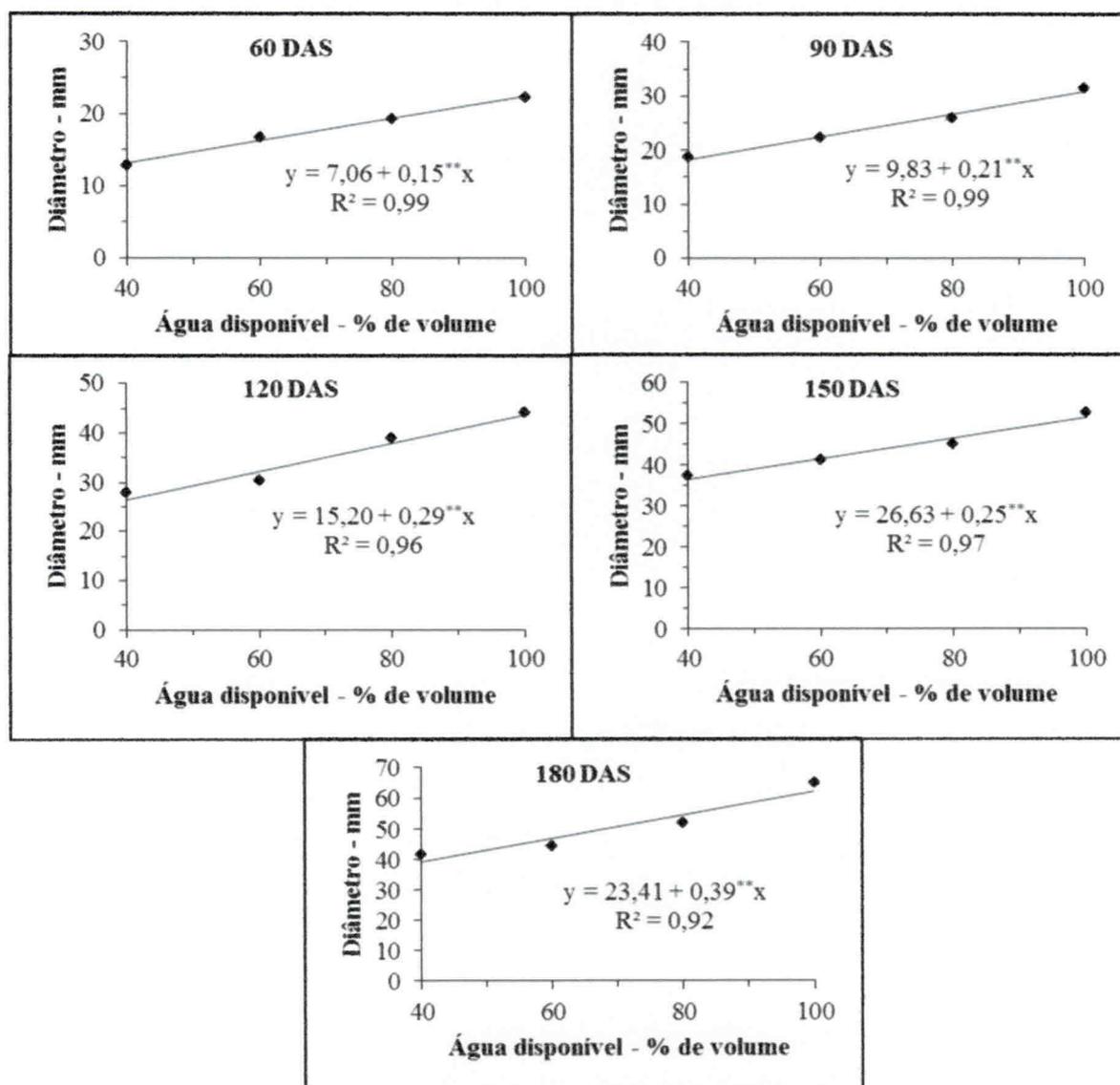


Figura 5. Diâmetro do caule em função da água disponível do solo

5.1.3. Área Foliar

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

A área foliar das plantas submetidas a nível 100% de AD, quando comparada aos níveis de 40, 60 e 80% de AD, foi, respectivamente, 53,65, 38,78 e 23,48% superior, aos 60 DAS; 55,77, 42,17 e 18,60% aos 90 dias; 67,37, 54,34 e 30,28% aos 120 DAS; 50,20, 40,71 e 19,54% aos 150 DAS e 37,30, 31,81 e 7,27% aos 180 DAS. A maior área foliar foi observada aos 120 DAS, no nível de 100% de AD (4,74 m²) e a menor no nível de 40% de AD aos 60 DAS (0,26 m²).

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

Na Figura 6, são apresentadas as regressões com seus respectivos gráficos e equações para as diferentes épocas de avaliação da área foliar constatando-se, para o período dos 60 aos 180 DAS, que se obteve um efeito linear na expansão da área foliar com o avanço do ciclo da cultura, variando de 0,005 a 0,0255 m² por aumento unitário do percentual de volume de água no solo.

Lacerda (2010) encontrou em experimento realizado em campo em que o aumento da área foliar evoluiu de forma linear e crescente; com o avanço do ciclo da cultura a área foliar, aos 180 DAS, atingiu valores de 6,12 e 7,94 m² para a condição sem estresse hídrico (100% de AD) nos solos cujo teor de matéria orgânica foi mantido a 5,0 e 25,0 g kg⁻¹ respectivamente. Esses valores são superiores ao encontrado neste experimento (4,74 m² aos 120 DAS). Encontrou aumento unitário da área foliar superior, variando de 0,015 a 0,105 m² na medida em que se elevou o percentual unitário de água no solo, na condição de 5,0 g kg⁻¹ de MO, e de 0,02 a 0,13 m² para o solo com teor de matéria orgânica de 25,0 g.kg⁻¹ dos 60 aos 180 DAS (com 100% de AD), respectivamente.

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

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

| Fonte de variação | GL | Área foliar | | | | |
|--|----|---------------------------|----------|-----------|-----------|----------|
| | | 60 DAS | 90 DAS | 120 DAS | 150 DAS | 180 DAS |
| Quadrado médio | | | | | | |
| Cultivar | 1 | 9,56. 10 ⁻⁷ ns | 0,046 ns | 0,753 ns | 0,669 ns | 0,955 ns |
| Água disponível | 3 | 0,099 ** | 0,997 ** | 11,812 ** | 5,362 ** | 2,786 ** |
| AD x Cultivar | 3 | 0,007 ns | 0,003 ns | 0,194 ns | 0,104 ns | 0,045 ns |
| Blocos | 2 | 0,020 ns | 0,093 ns | 0,071 ns | 0,402 ns | 0,697 ns |
| Resíduo | 14 | 0,005 | 0,029 | 0,186 | 0,274 | 0,612 |
| CV (%) | | 16,86 ** | 14,57 ** | 14,70 ** | 17,17 ** | 25,87 ** |
| Regressão Polinomial Linear | | 0,294 ** | 2,962 ** | 34,419 ** | 15,722 ** | 7,798 ** |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 0,004 ns | 0,010 ns | 1,000 ns | 0,269 ns | 0,007 ns |
| Regressão Polinomial Cúbica | | 0,001 ns | 0,018 ns | 0,016 ns | 0,095 ns | 0,553 ns |
| Desvio | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Resíduo | | 0,005 | 0,029 | 0,186 | 0,274 | 0,612 |
| Médias da área foliar (m²) | | | | | | |
| Cultivares | | | | | | |
| Nordestina | | 0,40 a | 1,12 a | 2,76 a | 2,88 a | 2,82 a |
| Paraguaçu | | 0,40 a | 1,21 a | 3,11 a | 3,22 a | 3,22 a |
| DMS | | 0,06 | 0,15 | 0,38 | 0,46 | 0,68 |
| Água Disponível (AD) | | | | | | |
| 40 % de água disponível | | 0,26 | 0,73 | 1,55 | 2,10 | 2,34 |
| 60 % de água disponível | | 0,34 | 0,95 | 2,16 | 2,50 | 2,55 |
| 80 % de água disponível | | 0,43 | 1,34 | 3,30 | 3,39 | 3,47 |
| 100 % de água disponível | | 0,56 | 1,65 | 4,74 | 4,22 | 3,74 |

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

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

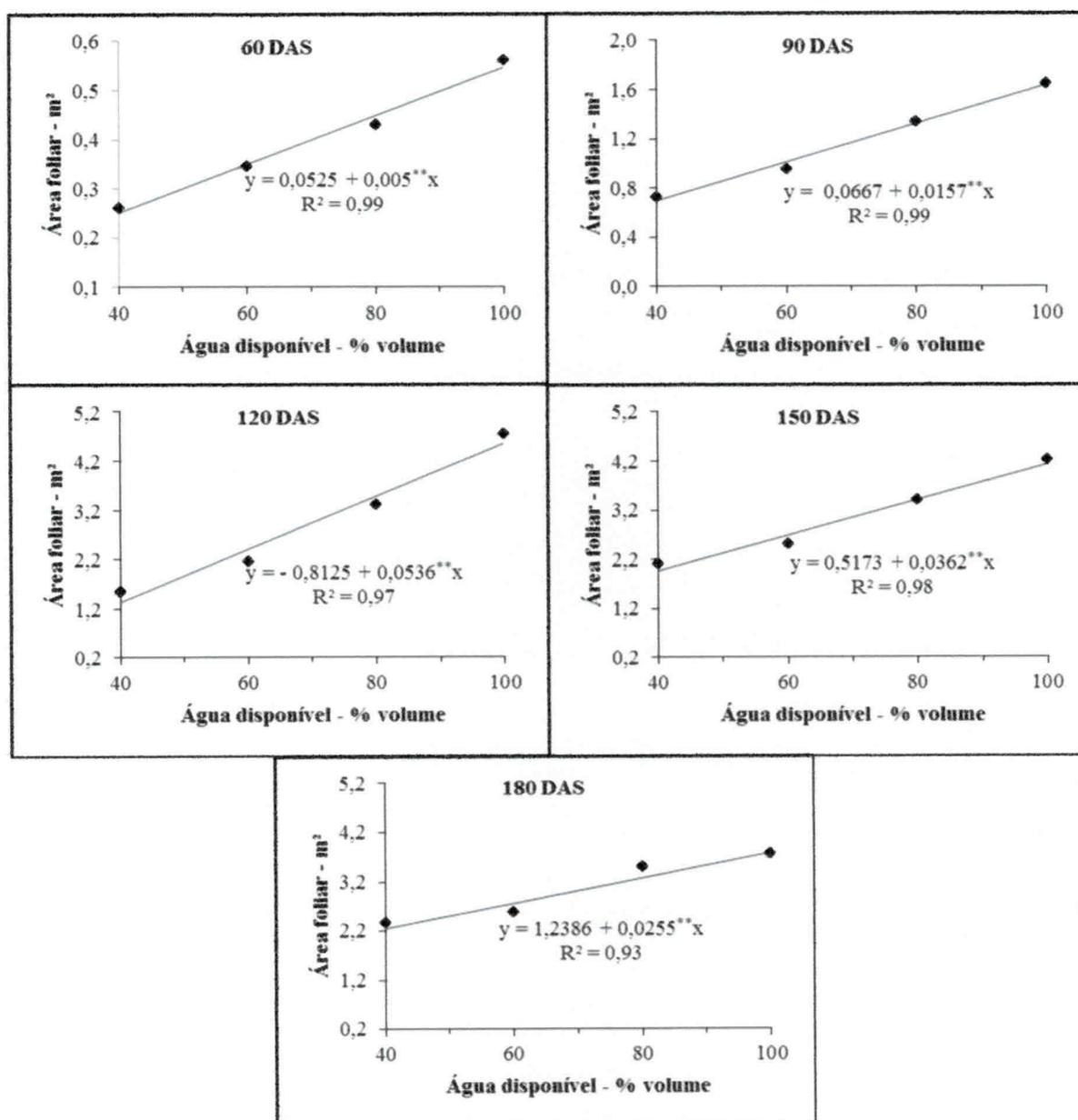


Figura 6. Área foliar da mamoneira em função da água disponível do solo

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

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

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

5.1.4. Fitomassa da parte aérea

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

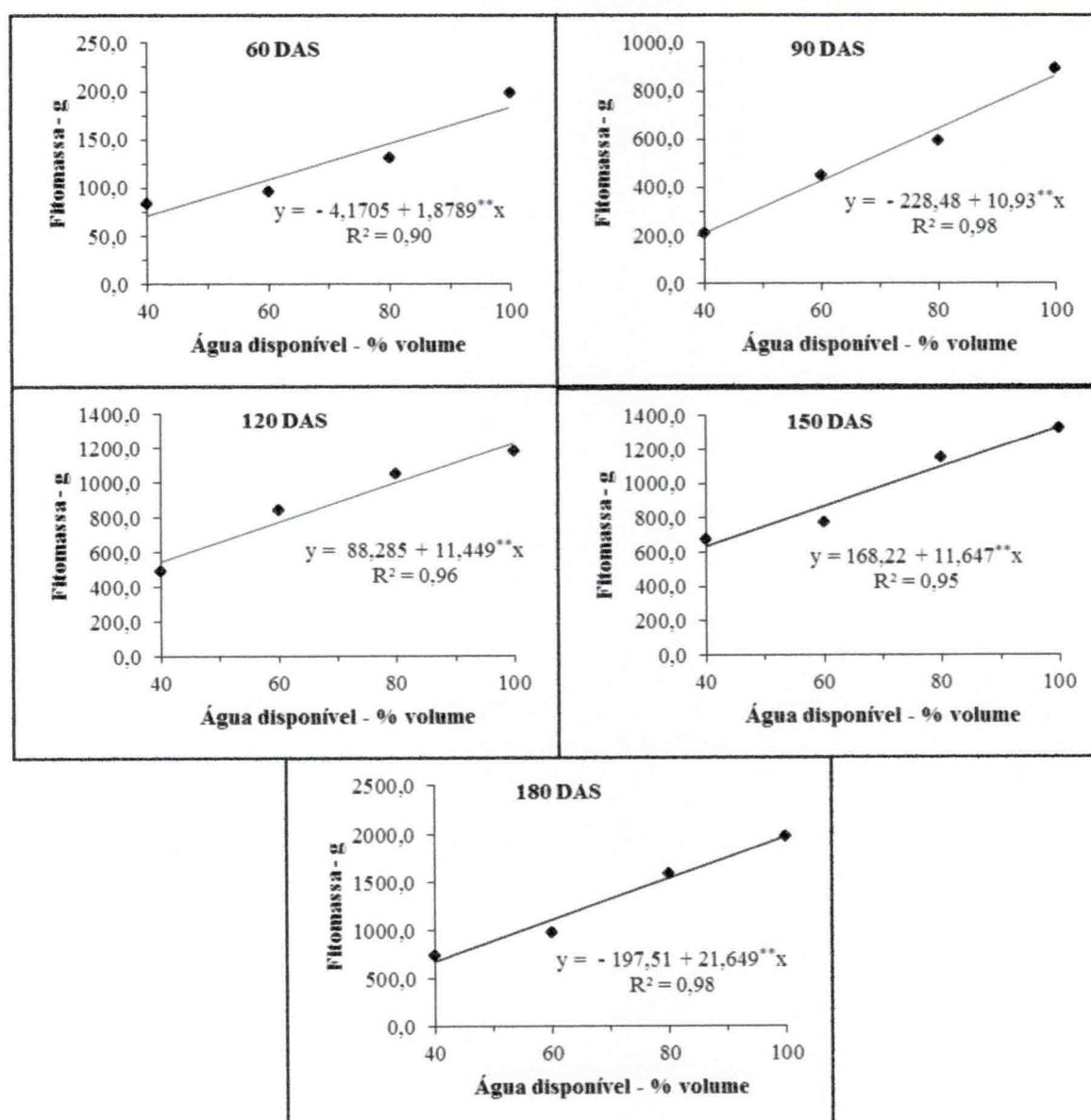


Figura 7. Fitomassa da parte aérea da mamoneira em função da água disponível do solo

5.1.5. Razão de área foliar - RAF

Com relação razão de área foliar, não houve diferença significativa entre os cultivares estudados. Os resultados das análises de variância (ANAVA) para a razão de área foliar se encontram na Tabela 5. A água disponível no solo promoveu diferença significativa a nível de 5% ($p < 0,05$) aos 60 e aos 180 DAS e a nível de 1% ($p < 0,01$) aos 120 DAS. As plantas submetidas ao maior conteúdo de água do solo (100% da AD) apresentaram as maiores razões de área foliar, quando comparadas com as que foram submetidas a estresse hídrico. Esse resultado confirma, assim, o indicado por Benincasa (2003), de que um conteúdo maior de água resulta em maior alocação de assimilados para síntese de folhas, aumento do peso das folhas e, conseqüentemente, aumento da razão de área foliar.

As plantas mantidas à capacidade de campo (100% AD), aos 150 DAS, apresentaram uma razão de área foliar de $33,55 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$, superior à razão de área foliar das plantas que foram submetidas às condições de 40, 60 e 80% da AD e que apresentaram valores de 31,03, 31,64 e $31,88 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$, respectivamente.

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

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

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

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

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

| Fonte de variação | | Razão de área foliar | | | | |
|---------------------------------|----|---|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| | | 60 DAS | 90 DAS | 120 DAS | 150 DAS | 180 DAS |
| | GL | Quadrado médio | | | | |
| Cultivar | 1 | 0,51 ^{ns} | 0,59 ^{ns} | 0,09 ^{ns} | 15,11 ^{ns} | 64,49 ^{ns} |
| Água disponível | 3 | 88,56 [*] | 7,11 ^{ns} | 251,88 ^{**} | 6,96 ^{ns} | 208,27 [*] |
| AD x Cultivar | 3 | 5,24 ^{ns} | 0,54 ^{ns} | 19,06 ^{ns} | 43,35 ^{ns} | 63,56 ^{ns} |
| Blocos | 2 | 96,93 [*] | 2,98 ^{ns} | 1,07 ^{ns} | 1,74 ^{ns} | 63,55 ^{ns} |
| Resíduo | 14 | 20,02 | 9,27 ^{ns} | 31,85 ^{ns} | 25,81 ^{ns} | 57,45 ^{ns} |
| CV (%) | | 14,52 | 13,88 | 17,92 | 15,86 | 30,38 |
| Regressão Polinomial Linear | | 216,20 ^{**} | 20,50 ^{ns} | 657,07 ^{**} | 16,06 ^{ns} | 605,43 ^{**} |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 48,31 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 93,62 ^{ns} | 1,70 ^{ns} | 19,08 ^{ns} |
| Regressão Polinomial Cúbica | | 1,18 ^{ns} | 0,82 ^{ns} | 4,96 ^{ns} | 3,10 ^{ns} | 0,30 ^{ns} |
| Desvio | | 0,00 ^{ns} | 0,00 ^{ns} | 0,00 ^{ns} | 0,00 ^{ns} | 0,00 ^{ns} |
| Resíduo | | 20,02 | 9,27 | 31,85 | 25,81 | 57,45 |
| Cultivares | | Médias da razão de área foliar (cm² g⁻¹) | | | | |
| Nordestina | | 30,67 a | 21,77 a | 31,42 a | 31,23 a | 23,31 a |
| Paraguaçu | | 30,96 a | 22,09 a | 31,55 a | 32,82 a | 26,59 a |
| DMS | | 3,92 | 2,67 | 4,94 | 4,45 | 6,64 |
| Água Disponível (AD) | | | | | | |
| 40 % de água disponível | | 25,27 | 20,80 | 26,56 | 31,03 | 19,06 |
| 60 % de água disponível | | 31,19 | 21,24 | 26,65 | 31,64 | 21,97 |
| 80 % de água disponível | | 33,28 | 22,56 | 32,46 | 31,88 | 26,16 |
| 100 % de água disponível | | 33,52 | 23,12 | 40,28 | 33,55 | 32,63 |

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

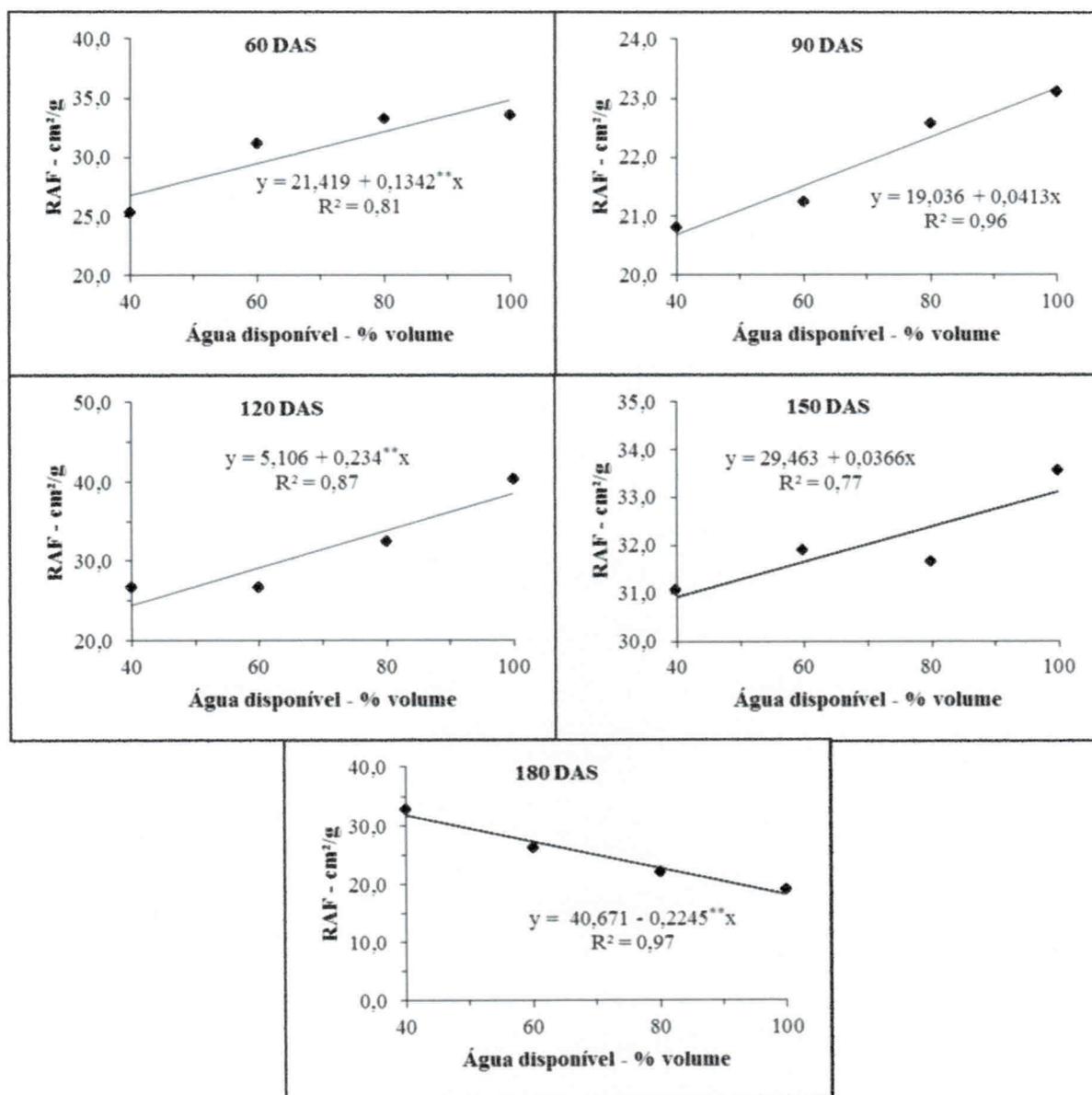


Figura 8. Razão de área foliar da mamoneira em função da água disponível do solo

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

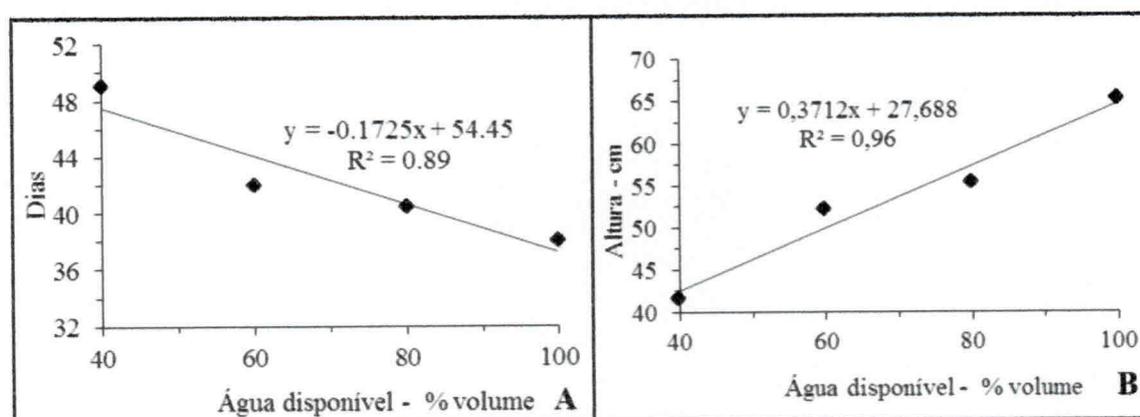


Figura 9. A) Número de dias para emissão da 1ª inflorescência e B) altura de emissão da 1ª inflorescência da mamoneira, em função da água disponível do solo

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

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

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

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

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

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

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

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

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

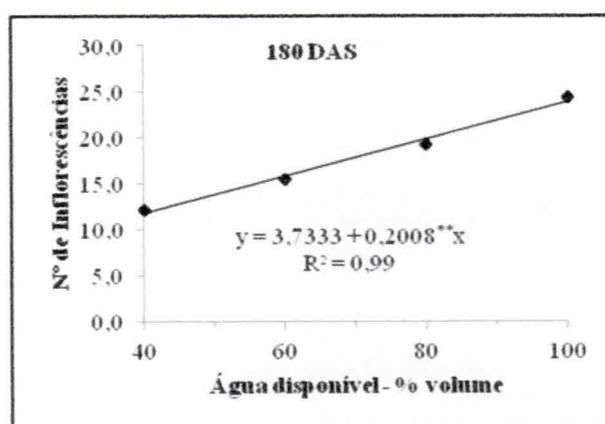


Figura 10. Número de inflorescências da mamoneira em função da água disponível do solo

5.1.7. Produtividade de frutos

O resultado das análises de variância (ANAVA) relativo à produtividade de frutos dos cultivares de mamona BRS 149 Nordestina e BRS 188 – Paraguaçu apresentado na Tabela 7, mostra que não houve diferença significativa entre os cultivares testados. Quando foram submetidos a diferentes níveis de água disponível do solo verifica-se influência a nível de 1% ($p < 0,01$) para a produtividade média de frutos nos conteúdos de AD.

A produtividade variou de 1.745,90 a 40% de AD a 4.632,50 kg ha⁻¹ a 100% de AD, conforme apresentado na Tabela 7; a produtividade de frutos, aos 180 DAS, relativa a plantas em solo com capacidade de campo mantida (100% de AD), foi 62,31, 46,78 e 27,73%, superior à produtividade de frutos relativa a plantas com tratamentos de 40; 60 e 80% de AD.

A regressão para o fator quantitativo de água disponível, referente à produtividade da mamoneira, pode ser vista na Figura 11; verifica-se tendência linear crescente com diferença

acentuada, com acréscimos de 47,71 kg ha⁻¹ de frutos para cada aumento unitário de água disponível.

Tabela 7 - Resumo das análises de variância referente à variável produtividade dos frutos dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

| Fonte de variação | | Produtividade média |
|---------------------------------|----|---|
| | GL | Quadrado médio |
| Cultivar | 1 | 223.169,24 ^{ns} |
| Água disponível | 3 | 9.270.739,09 ^{**} |
| AD x Cultivar | 3 | 8.484,55 ^{ns} |
| Blocos | 2 | 27.430,91 ^{ns} |
| Resíduo | 14 | 131.954,72 |
| CV (%) | | 11,92 |
| Regressão Polinomial Linear | | 27.316.662,68 ^{**} |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 488.059,38 ^{ns} |
| Desvio | | 7.495,22 ^{ns} |
| Resíduo | | 131.954,72 |
| Cultivares | | Produtividade média – kg . ha⁻¹ |
| Nordestina | | 2.951,58 a |
| Paraguaçu | | 3.144,44 a |
| DMS | | 318,07 |
| Água Disponível (AD) | | |
| 40 % de água disponível | | 1.745,90 |
| 60 % de água disponível | | 2.465,57 |
| 80 % de água disponível | | 3.348,08 |
| 100 % de água disponível | | 4.632,50 |

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

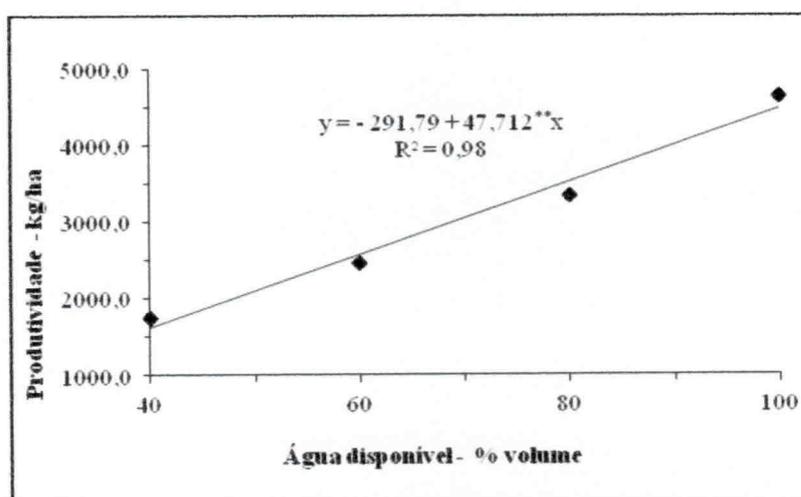


Figura 11. Produtividade de frutos da mamoneira em função da água disponível do solo

Para Carvalho (2005), ficou evidenciada a sensibilidade da mamoneira ao déficit hídrico, de modo que se verificou acréscimo de 136,5 % na produção de bagas nas plantas irrigadas com o nível mais elevado de reposição, em relação ao mais baixo nível – 40% AD, evidenciando-se que a produção de bagas foi correlacionada com o crescimento da planta.

Barros Júnior (2007) observou, em experimento em casa de vegetação até os 180 dias, para o cultivar Paraguaçu estudado, uma grande sensibilidade quando submetido a estresse hídrico, com acentuada redução da produção de frutos. As plantas conduzidas em tratamento, no solo cujo conteúdo de água foi mantido a nível de 80 % de água disponível, apresentaram reduções da ordem de 83,9 e 83,4 %, respectivamente, para frutos e sementes, quando comparadas com os totais produzidos pelas plantas em tratamentos submetidos a 100 % AD.

Lacerda (2010) obteve em condições de campo rendimentos de 6.336,11 kg ha⁻¹, para 100 % de AD. Gondim et al. (2004) utilizaram genótipos importados da Costa Rica e irrigados por aspersão no Estado do Ceará (3.494,0 kg ha⁻¹ para o genótipo CSRN-142). Curi e Campelo Júnior (2004) produziram 2.345,50 kg ha⁻¹ com o cultivar IRIS, irrigado no Estado do Mato Grosso, e Carvalho (2005) conseguiu produzir 5.400,00 kg ha⁻¹ com os cultivares Nordeste e Paraguaçu.

5.1.8. Peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação semente/fruto

A Tabela 8 apresenta o resumo das análises de variância (ANAVA) para os resultados referentes ao peso de 100 frutos, peso de 100 sementes e relação semente/fruto produzidos pelos cultivares até os 180 dias. Verificou-se efeito significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) para os níveis de água disponível, não havendo diferença estatística significativa para esta variável entre os cultivares estudados. O peso médio de 100 frutos produzidos pelas plantas em solo cujo conteúdo de água foi mantido à capacidade de campo (100% de AD) foi 28,8, 25,1 e 21,3%, a mais que o peso médio dos frutos produzidos pelas plantas mantidas a 40, 60 e 80% de AD, respectivamente.

A análise de regressão para o fator quantitativo de água disponível (AD), referente ao peso médio de 100 frutos, é visualizada na Figura 12A; verifica-se que, na medida em que se elevou o conteúdo de água disponível no solo, ocorreu aumento quadrático para o peso médio de 100 frutos com acréscimos de 14,59, 14,75 e 82,09 de 40 a 60, 60 a 80 e 80 a 100% de AD,

respectivamente. Resultados semelhantes para o peso médio de 100 frutos foram encontrados por Lacerda (2010) em experimento de campo realizado com o cultivar BRS 188 – Paraguaçu.

Tabela 8 - Resumo das análises de variância referente à variável peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação semente/fruto, dos cultivares de mamona BRS 149 – Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

| Fonte de variação | | P 100 frutos | P 100 sementes | Relação Semente/fruto |
|---------------------------------|----|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| | GL | | Quadrado médio | |
| Cultivar | 1 | 426,47 ^{ns} | 1,938 ^{ns} | 0,0020 ^{ns} |
| Água disponível | 3 | 14.911,78 ^{**} | 651,25 ^{**} | 0,0280 ^{**} |
| AD x Cultivar | 3 | 161,29 ^{ns} | 5,64 ^{ns} | 0,0002 ^{ns} |
| Blocos | 2 | 1072,34 ^{ns} | 6,46 ^{ns} | 0,0001 ^{ns} |
| Resíduo | 14 | 398,74 | 7,93 | 0,0008 |
| CV (%) | | 6,37 | 4,39 | 4,9000 |
| Regressão Polinomial Linear | | 36.545,54 ^{**} | 1.852,92 ^{**} | 0,0825 ^{**} |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 6836,06 ^{**} | 100,79 ^{ns} | 0,00002 ^{ns} |
| Regressão Polinomial Cúbica | | 1353,74 ^{ns} | 0,06 ^{ns} | 0,0009 ^{ns} |
| Desvio | | 0,00 | 0,00 | 0,0000 |
| Resíduo | | 398,74 | 7,93 | 0,0008 |
| Cultivares | | P 100 frutos | P 100 sementes | Relação |
| | | (g) | (g) | Semente/fruto |
| Nordestina | | 309,45 a | 63,93 a | 0,58 a |
| Paraguaçu | | 317,88 a | 64,50 a | 0,59 a |
| DMS | | 17,48 | 2,47 | 0,03 |
| Água Disponível (AD) | | | | |
| 40 % de água disponível | | 274,83 | 54,50 | 0,51 |
| 60 % de água disponível | | 289,42 | 58,67 | 0,55 |
| 80 % de água disponível | | 304,17 | 66,17 | 0,62 |
| 100 % de água disponível | | 386,26 | 78,03 | 0,66 |

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

Os resultados das análises de variância (ANAVA) para o peso médio de 100 sementes estão dispostos na Tabela 8, apresentada anteriormente, não tendo havido diferença significativa entre os cultivares testados, quando os mesmos foram submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo; verifica-se que houve influência sobre este parâmetro a nível de 1% de probabilidade (p < 0,01) para os níveis de água disponível.

Os valores médios do peso de 100 sementes obtidos com o tratamento submetido a 100% de água disponível foram de 78,03 gramas, com acréscimo de 30,2, 24,8 e 15,2% a

UNCG - BIBLIOTECA

mais que o peso médio de 100 sementes produzidas pelas plantas mantidas a 40; 60 e 80% de AD, respectivamente, conforme a Tabela 8; Beltrão et al. (2007b) obtiveram, em média, 71 g

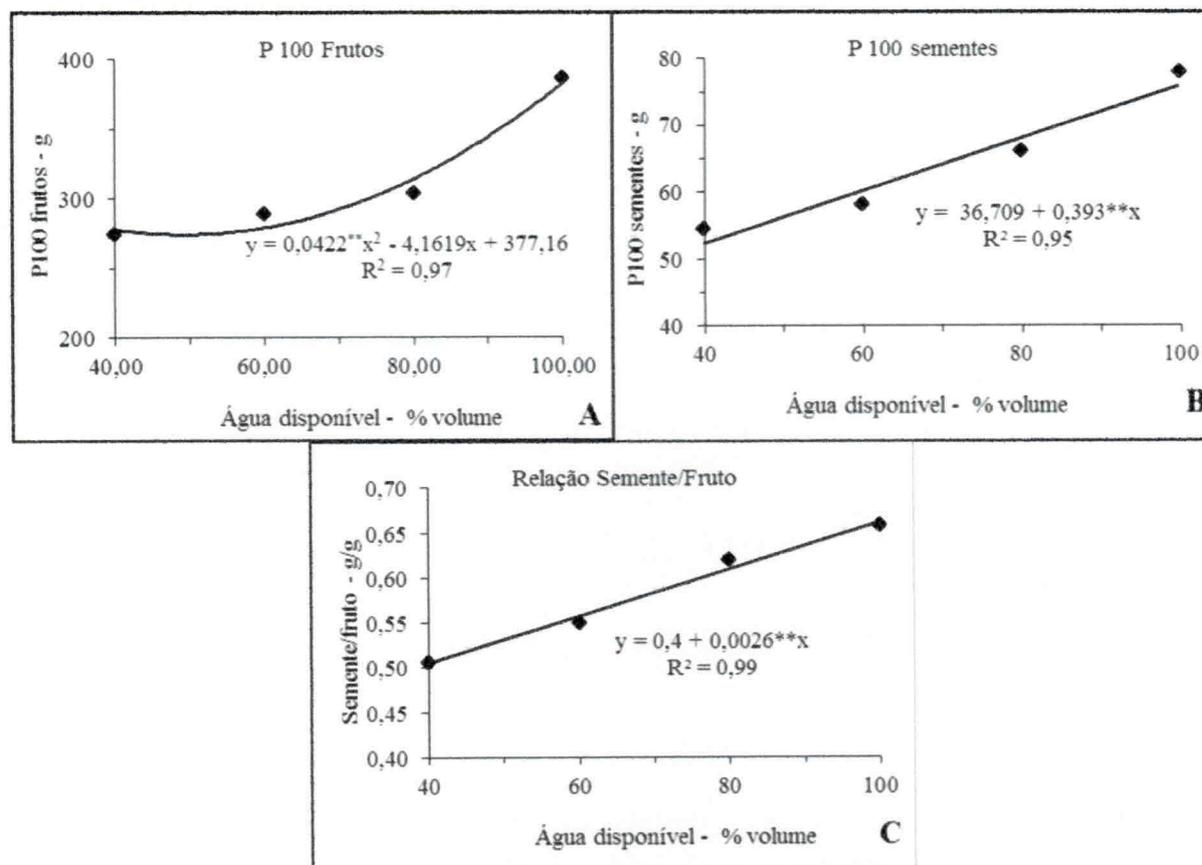


Figura 12. A) Peso médio de 100 frutos, B) peso médio de 100 sementes e C) relação semente/fruto da mamoneira em função da água disponível do solo

e Carvalho (2005) obteve, para o Paraguaçu 67,3 g. Barros Júnior (2007) obteve, em média, em condições similares em casa de vegetação, valores de 67,3 g para o cultivar Paraguaçu cultivado sem estresse hídrico; entretanto, quando o submeteu a nível de 80% da AD, o peso médio foi de 56,7 g. Valores médios do peso de 100 sementes obtidos por Lacerda (2010), com o tratamento submetido a 100% de água disponível, foram de 80,54 e de 75,84, 75,73 e 71,75 g para as plantas conduzidas a 90, 80 e 70 % da AD e cultivar BRS 188 Paraguaçu.

A regressão para o peso médio de 100 sementes referente ao fator quantitativo água disponível pode ser visualizada na Figura 12B, apresentada anteriormente. O acréscimo para o peso médio de 100 sementes foi da ordem de 0,39 gramas para cada aumento unitário de água disponível no solo.

Para a relação semente/fruto, os resultados das análises de variância (ANAVA) também são apresentados na Tabela 8, verifica-se que somente a água disponível no solo

apresentou influência significativa a nível de 1% ($p < 0,01$). A relação de semente/fruto em tratamento submetido a 100% de água disponível foi de 0,66, maior do que a relação encontrada em plantas cultivadas a nível de 40, 60 e 80% de AD, que foi de 0,51; 0,55 e 0,62, respectivamente. Esse resultado corresponde a um incremento de 22,7; 16,7 e 6,1%, em relação aos 100% de AD. A Figura 12C, apresenta, de forma gráfica, a tendência para este parâmetro. À medida que se eleva a água disponível no solo para as plantas, esta relação aumenta à razão de 0,0026 para cada aumento unitário de água disponível no solo. Severino et al. (2004) obtiveram valor médio para a relação semente/fruto de 0,652 para o cultivar de mamona Paraguaçu. Lacerda (2010), trabalhando em experimento de campo com o cultivar BRS 188 – Paraguaçu, encontrou relação semente/fruto, para o tratamento submetido a 100% de água disponível rendimento de sementes de 0,709, maior que o obtido nas plantas que foram cultivadas a nível de 90, 80 e 70% de AD.

5.1.9. Teor de óleo das sementes

Apresentam-se na Tabela 9, os resultados das análises de variância (ANAVA) do teor de óleo das sementes dos cultivares de mamona. Constata-se que não houve diferença significativa entre os cultivares, no tocante ao teor de óleo presente nas sementes, concluindo-se que as sementes dos cultivares testados neste experimento apresentaram a mesma resposta para o teor de óleo; entretanto, com relação aos diferentes níveis de água a que foram submetidas as plantas, houve diferença estatística significativa a nível de 1% ($p < 0,01$).

A análise de regressão para o fator quantitativo água disponível encontra-se na Figura 13; verifica-se, na medida em que se elevou o conteúdo de água disponível no solo, o teor de óleo apresentou tendência linear crescente, cujo acréscimo foi de 0,13% de óleo para cada aumento unitário de água disponível.

O estresse hídrico causado pela diminuição do conteúdo de água no solo provocou reduções no teor de óleo; as sementes das plantas conduzidas a 100 % de AD apresentaram, em média, teor de óleo de 49,11%, enquanto os tratamentos para os níveis de 40, 60 e 80% da

AD, apresentaram teores reduzidos com relação a 100% de AD de 16,0; 9,4 e 2,9% a menos de óleo, respectivamente.

Tabela 9 - Resumo das análises de variância referente à variável Teor de óleo das sementes dos cultivares de mamona BRS 149 – Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

| Fonte de variação | | Teor de óleo |
|---------------------------------|----|-------------------------|
| | GL | Quadrado médio |
| Cultivar | 1 | 19,48 ^{ns} |
| Água disponível | 3 | 73,16 ^{**} |
| AD x Cultivar | 3 | 2,21 ^{ns} |
| Blocos | 2 | 24,99 ^{ns} |
| Resíduo | 14 | 8,20 |
| CV (%) | | 6,27 |
| Regressão Polinomial Linear | | 213,92 ^{**} |
| Regressão Polinomial Cúbica | | 4,63 ^{ns} |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 0,93 ^{ns} |
| Desvio | | 0,00 |
| Resíduo | | 8,20 |
| Cultivares | | Teor de óleo (%) |
| Nordestina | | 44,73 a |
| Paraguaçu | | 46,53 a |
| DMS | | 2,51 |
| Água Disponível (AD) | | |
| 40 % de água disponível | | 41,27 |
| 60 % de água disponível | | 44,47 |
| 80 % de água disponível | | 47,67 |
| 100 % de água disponível | | 49,11 |

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

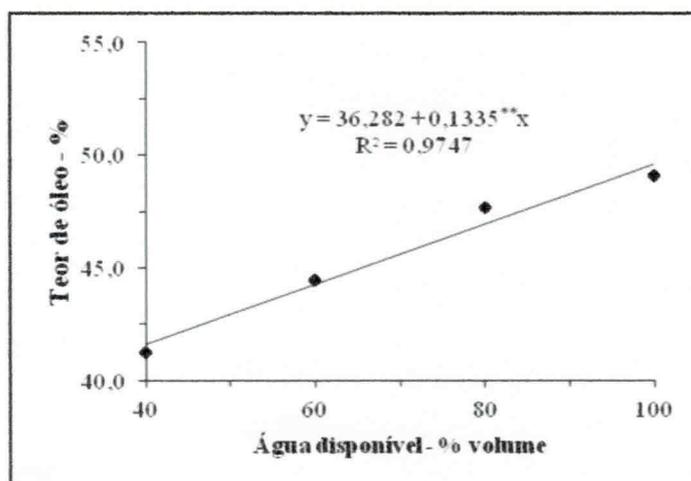


Figura 13. Teor de óleo nas sementes da mamoneira em função da água disponível do solo

O teor médio de óleo (49,11%) obtido nas sementes das plantas conduzidas sem estresse hídrico, ultrapassa ligeiramente, em 0,11%, a faixa de 45 a 49% prevista por Azevedo et al. (1997) e EMBRAPA (2002) para as cultivares Nordeste e Paraguaçu. Laureti (1995) registrou, em trabalhos com o híbrido “HD 912” de mamona, reduções de até 50,70% no teor de óleo das sementes quando irrigadas com reduções progressivas nas lâminas de água, proporcionais a 75, 50 e 25% da ETc.

Barros Júnior (2007), trabalhando em casa de vegetação, observou que o estresse hídrico reduziu o teor de óleo nas sementes, em decorrência da baixa qualidade das sementes produzidas por plantas conduzidas a 60% de AD, o mesmo sendo obtido para o tratamento mantido a 80% de AD; para este, a redução foi de mais de 53 % na produção de óleo em relação ao teor de óleo produzido por plantas que tiveram a disponibilidade de água mantida à capacidade de campo. Lacerda (2010) relatou, em experimento de campo, realizado com o cultivar BRS 188 – Paraguaçu, que o estresse hídrico causado pela diminuição do conteúdo de água no solo provocou reduções no teor de óleo das sementes das plantas conduzidas a 100 % de AD, apresentando, em média, teor de óleo de 51,58%, enquanto os tratamentos submetidos a estresse hídrico por deficiência para os níveis de 90, 80 e 70% da AD, apresentaram teores médios de 49,27, 48,86 e 48,26% de óleo, respectivamente. Rodrigues (2008) encontrou efeito significativo para teor de óleo, ao estudar reposição hídrica em mamona. Conforme o autor, plantas irrigadas com maiores lâminas de reposição produzem maior biomassa, o que permite afirmar que também produzem maior quantidade de óleo. Esses resultados corroboram os que foram obtidos por Moreira et al. (2009), que estudaram o efeito de diferentes lâminas de irrigação na produtividade da mamoneira.

5.1.10. Lâmina de água aplicada

Na Tabela 10, são apresentadas as análises de variância (ANAVA) para a lâmina de água aplicada. Verifica-se que essa lâmina foi influenciada significativamente a nível de 1% ($p < 0,01$); constata-se que não houve diferença significativa entre os cultivares. Como esperado, a lâmina de água aplicada variou significativamente com a AD no solo; as plantas mantidas a 100% AD tiveram lâmina média aplicada de 1.305,56 mm, distribuída em uma área molhada correspondente a 33% da área total (2 m² por planta), ou seja, 0,6 m² por planta,

totalizando um volume de 4.351,87 m³ ha⁻¹; a 40% de AD foi aplicada uma lâmina igual a 894,45 mm, correspondente a um volume de 2.981.50 m³ ha⁻¹. A lâmina de água aplicada em tratamento submetido a 100% de água disponível foi 1,5, 1,2 e 1,1 maior do que as lâminas

Tabela 10 - Resumo das análises de variância referentes à variável Lâmina de água aplicada aos cultivares de mamona BRS 149 - Nordeste e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

| Fonte de variação | | Lâmina de água aplicada |
|---------------------------------|----|-------------------------------------|
| | GL | Quadrado médio |
| Cultivar | 1 | 11.851,70 |
| Água disponível | 3 | 182.392,27** |
| AD x Cultivar | 3 | 2.098,68 ^{ns} |
| Blocos | 2 | 2.511,31 ^{ns} |
| Resíduo | 14 | 3.463,94 |
| CV (%) | | 5,24 |
| Regressão Polinomial Linear | | 528.898,59** |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 13.379,79 ^{ns} |
| Regressão Polinomial Cúbica | | 4.898,45 ^{ns} |
| Desvio | | 0,00 |
| Resíduo | | 3.463,94 |
| Cultivares | | Lâmina de água aplicada (mm) |
| Nordestina | | 1.101,39 a |
| Paraguaçu | | 1.145,83 a |
| DMS | | 51,53 |
| Água Disponível (AD) | | |
| 40 % de água disponível | | 894,45 |
| 60 % de água disponível | | 1.100,00 |
| 80 % de água disponível | | 1.194,45 |
| 100 % de água disponível | | 1.305,56 |

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

aplicadas em plantas cultivadas a nível de 40, 60 e 80% de AD, respectivamente; esse resultado quando comparado ao nível de 100% de AD, corresponde a um incremento de 31%, 16% e 9%, nos níveis de 40, 60 e 80% de AD, respectivamente.

A representação gráfica das regressões obtidas para a lâmina de água aplicada é visualizada na Figura 14, em que as equações apresentadas refletem comportamento linear crescente para a lâmina de água aplicada para os cultivares, obtendo-se incremento de 6,64 mm na lâmina de água aplicada para cada incremento unitário em percentual de lâmina de água disponível no solo.

Lacerda (2010) encontrou, em experimento de campo, com 100% de AD, valores de 1.340 mm e 1.468 mm de lâmina de água aplicada para a condição de 5,0 g kg⁻¹ de MO e 25,0 g kg⁻¹ de MO, respectivamente.

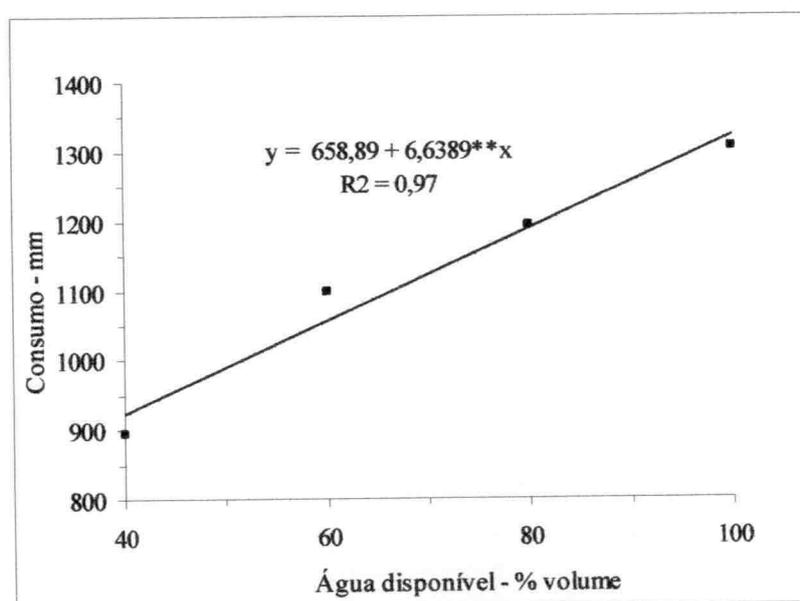


Figura 14. Lâmina de água aplicada no solo nos cultivares da mamoneira em função da água disponível do solo

5.1.11. Eficiência do uso de água

Para a eficiência do uso da água, conforme a Tabela 11, verifica-se somente diferença estatística significativa a nível de 1% ($p < 0,01$) referente ao fator água disponível no solo; as plantas submetidas a nível 100% de AD, apresentaram eficiência de 2,52 kg m⁻³ enquanto nos níveis de 40, 60 e 80% de AD apresentaram eficiência de 1,38, 1,48 e 2,21 kg m⁻³, respectivamente. A eficiência de uso da água aumentou com o volume de água aplicado na irrigação, obtendo-se o maior índice de eficiência no tratamento com nível mais alto de água disponível, ou seja, as plantas apresentaram maior capacidade de reverter o volume de água consumido em produção de fitomassa, na medida em que a disponibilidade hídrica no solo foi aumentada, conforme a Figura 15.

Tabela 11 - Resumo das análises de variância referente à variável Eficiência do uso de água dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo (AD)

| Fonte de variação | Eficiência do uso de água | |
|---------------------------------|---------------------------|--|
| | GL | Quadrado médio |
| Cultivar | 1 | 0,01 ^{ns} |
| Água disponível | 3 | 1,86 ^{**} |
| AD x Cultivar | 3 | 0,09 ^{ns} |
| Blocos | 2 | 0,01 ^{ns} |
| Resíduo | 14 | 0,04 |
| CV (%) | | 11,00 |
| Regressão Polinomial Linear | | 5,16 ^{**} |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 0,06 ^{ns} |
| Regressão Polinomial Cúbica | | 0,34 ^{ns} |
| Desvio | | 0,00 ^{ns} |
| Resíduo | | 0,04 |
| Cultivares | | Eficiência do uso de água (kg.m⁻³) |
| Nordestina | | 1,88 a |
| Paraguaçu | | 1,92 a |
| DMS | | 0,18 |
| Água Disponível (AD) | | |
| 40 % de água disponível | | 1,38 |
| 60 % de água disponível | | 1,48 |
| 80 % de água disponível | | 2,21 |
| 100 % de água disponível | | 2,52 |

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

Barros Júnior (2007) verificou que plantas conduzidas a nível de 100% de AD no solo, superaram em 3,4 vezes a eficiência de uso da água das plantas mantidas em parcelas com 60% de AD. Lacerda (2010) também constatou, em trabalho de campo com o cultivar de mamona BRS 188 - Paraguaçu, que a eficiência no uso da água consumida foi maior quando essas plantas foram conduzidas no nível mais alto de disponibilidade de água no solo, ou seja, foram mantidas a 100% de AD cujo teor de matéria orgânica foi de 5,0 g kg⁻¹, tiveram eficiência de 2,38 kg m⁻³ e de 2,61 kg m⁻³ para o tratamento cujo teor de matéria orgânica foi de 25,0 g kg⁻¹ de MO. Já Sousa et al. (2008), em trabalho de campo irrigado por gotejamento, em Mossoró, RN, obteve 0,72 kg m⁻³ com 60% da ETc, valor bem menor que o encontrado neste experimento.

A representação gráfica da regressão obtida para a eficiência de uso de água é visualizada na Figura 15; a equação apresentada reflete um comportamento linear crescente

para a eficiência do uso de água, obtendo-se incrementos de $0,0208 \text{ kg m}^{-3}$ para cada aumento unitário em percentual do volume de água disponível no solo. Lacerda (2006) e Barros Junior (2007) obtiveram, em condições de casa de vegetação, visto que também submeteram as plantas a diferentes níveis de água no solo, incrementos de $0,049$ e $0,042$, respectivamente.

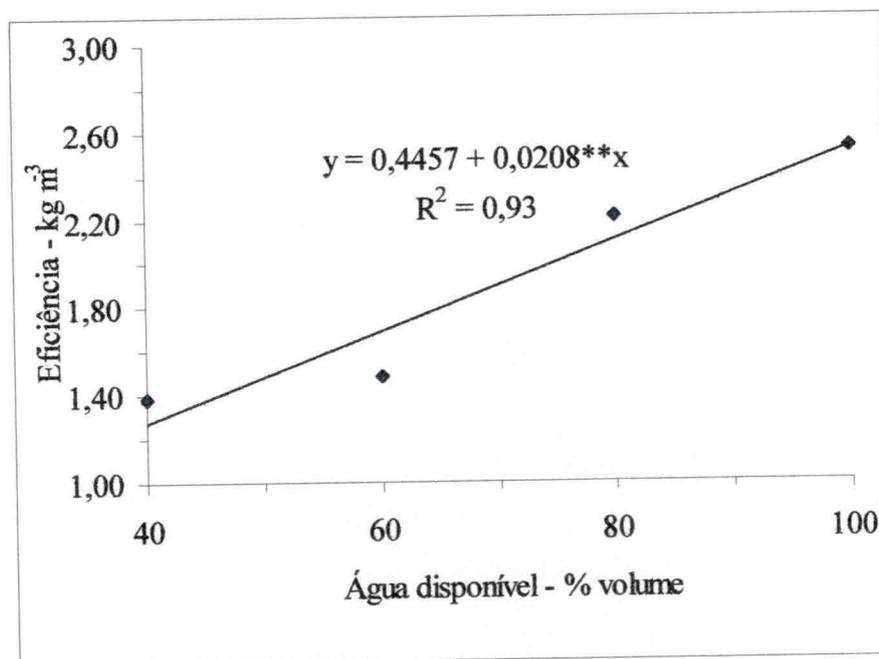


Figura 15. Eficiência do uso de água no cultivo da mamoneira em função da água disponível do solo.

Lacerda (2010) obteve incrementos para a eficiência de uso de água de $0,0024$ e $0,022 \text{ kg m}^{-3}$ para cada aumento unitário em percentual do volume de água disponível no solo, para a condição de $5,0 \text{ g kg}^{-1}$ de MO e $25,0 \text{ g kg}^{-1}$ de MO, respectivamente.

5.2. SEGUNDO CICLO

5.2.1. Altura da planta - AP

Os resultados das análises de variância (ANAVA) referentes à altura da planta para o segundo ciclo, estão apresentadas na Tabela 12, na qual está demonstrado igualmente ao primeiro ciclo, que não houve diferença significativa entre os cultivares BRS 188 - Paraguaçu e BRS 149 - Nordestina, quando submetidos a diversos níveis de água disponível no solo (AD). Verifica-se diferença significativa no que se refere aos diferentes níveis de água disponível no solo sobre a altura das plantas. Encontrou-se diferença significativa a nível de 1% ($p < 0,01$), com exceção dos 180 DAP, que apresentaram diferença significativa a nível de 5% ($p < 0,05$). As altura média das plantas conduzidas nos níveis de a 40, 60, 80 e 100% de AD, aos 180 DAP foram: 144,83 cm, 165,33 cm, 178,83 cm e 209,7 cm, respectivamente; a altura da planta em condições de rebrote apresentou-se próxima à do primeiro ciclo: 157,67 cm, 198,17 cm, 227,33 cm e 263,83 cm, referente aos níveis de a 40, 60, 80 e 100% de AD, aos 180 DAS; com porte ligeiramente inferior.

Segundo Kramer e Boyer (1995), trabalhando em um único ciclo (primeiro ciclo) – sem rebrote, o menor porte observado em plantas submetidas ao déficit hídrico decorre da inibição do crescimento celular, que é considerado o processo mais sensível à baixa disponibilidade de água no solo, com divisão e expansão celular diretamente inibidas pelo estresse hídrico (ZHU, 2001). Esta sensibilidade se deve ao impacto do déficit hídrico sobre a taxa de expansão das células devido à perda no turgor (KOZLOWSKI e PALLARDY, 1997). As plantas podem manter o turgor pela acumulação de solutos (ajuste osmótico) e, possivelmente, pelo ajuste da elasticidade das suas paredes celulares (MARSHALL e DUMBROFF, 1999).

Segundo Sausen (2007), o ajuste osmótico, assim como o fechamento dos estômatos, permitem às plantas escapar da desidratação e da perda do turgor pela manutenção do conteúdo de água nas células. Além disso, as plantas submetidas a um estresse hídrico podem escapar da redução no potencial hídrico e manter o turgor pela redução na elasticidade de suas paredes celulares.

Tabela 12 - Resumo da análise de variância referente à variável altura da planta dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordeste e BRS 188 - Paraguaçu - segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

| Fonte de variação | GL | Altura da planta | | | | | |
|---------------------------------|----|--|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| | | Quadrado médio | | | | | |
| | | 60 DAP | 90 DAP | 120 DAP | 150 DAP | 180 DAP | |
| Cultivar | 1 | 121,50 ^{ns} | 396,09 ^{ns} | 1.261,50 ^{ns} | 210,04 ^{ns} | 204,17 ^{ns} | |
| Água disponível | 3 | 2.350,11 ^{**} | 2.182,76 ^{**} | 3.525,44 ^{**} | 4.477,49 ^{**} | 4.439,00 [*] | |
| AD x Cultivar | 3 | 18,28 ^{ns} | 41,59 ^{ns} | 256,28 ^{ns} | 106,15 ^{ns} | 23,83 ^{ns} | |
| Blocos | 2 | 201,13 ^{ns} | 34,91 ^{ns} | 269,54 ^{ns} | 1.329,29 ^{ns} | 270,04 ^{ns} | |
| Resíduo | 14 | 243,79 | 280,48 | 553,69 | 439,10 | 978,61 | |
| CV (%) | | 14,26 | 13,55 | 16,42 | 12,78 | 17,91 | |
| Regressão Polinomial Linear | | 6720,03 ^{**} | 6.519,50 ^{**} | 10.565,63 ^{**} | 12.916,88 ^{**} | 12.979,20 ^{**} | |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 16,67 ^{ns} | 0,26 ^{ns} | 10,67 ^{ns} | 315,38 ^{ns} | 160,17 ^{ns} | |
| Regressão Polinomial Cúbica | | 313,63 ^{ns} | 28,52 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | 200,21 ^{ns} | 177,63 ^{ns} | |
| Desvio | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Resíduo | | 243,79 | 280,48 | 553,68 | 439,10 | 978,61 | |
| Cultivares | | Médias da altura das plantas (cm) | | | | | |
| Nordestina | | 107,25 a | 119,50 a | 136,08 a | 161,00 a | 171,75 a | |
| Paraguaçu | | 111,75 a | 127,63 a | 150,58 a | 166,92 a | 177,58 a | |
| DMS | | 13,67 | 14,66 | 20,60 | 18,35 | 27,39 | |
| Água Disponível (AD) | | | | | | | |
| 40 % de água disponível | | 89,50 | 101,83 | 115,83 | 135,17 | 144,83 | |
| 60 % de água disponível | | 96,33 | 114,83 | 133,33 | 153,83 | 165,33 | |
| 80 % de água disponível | | 121,00 | 132,50 | 152,00 | 166,83 | 178,83 | |
| 100 % de água disponível | | 131,17 | 145,08 | 172,17 | 200,00 | 209,67 | |

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

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

As regressões apresentadas na Figura 16 permitem constatar tendência de crescimento linear para a altura das plantas, em todos os períodos analisados. O aumento da altura da planta evoluiu com o aumento da disponibilidade hídrica, variando de 0,75 a 1,04 cm na altura da planta por aumento unitário do percentual de água no solo, dos 60 aos 180 DAP.

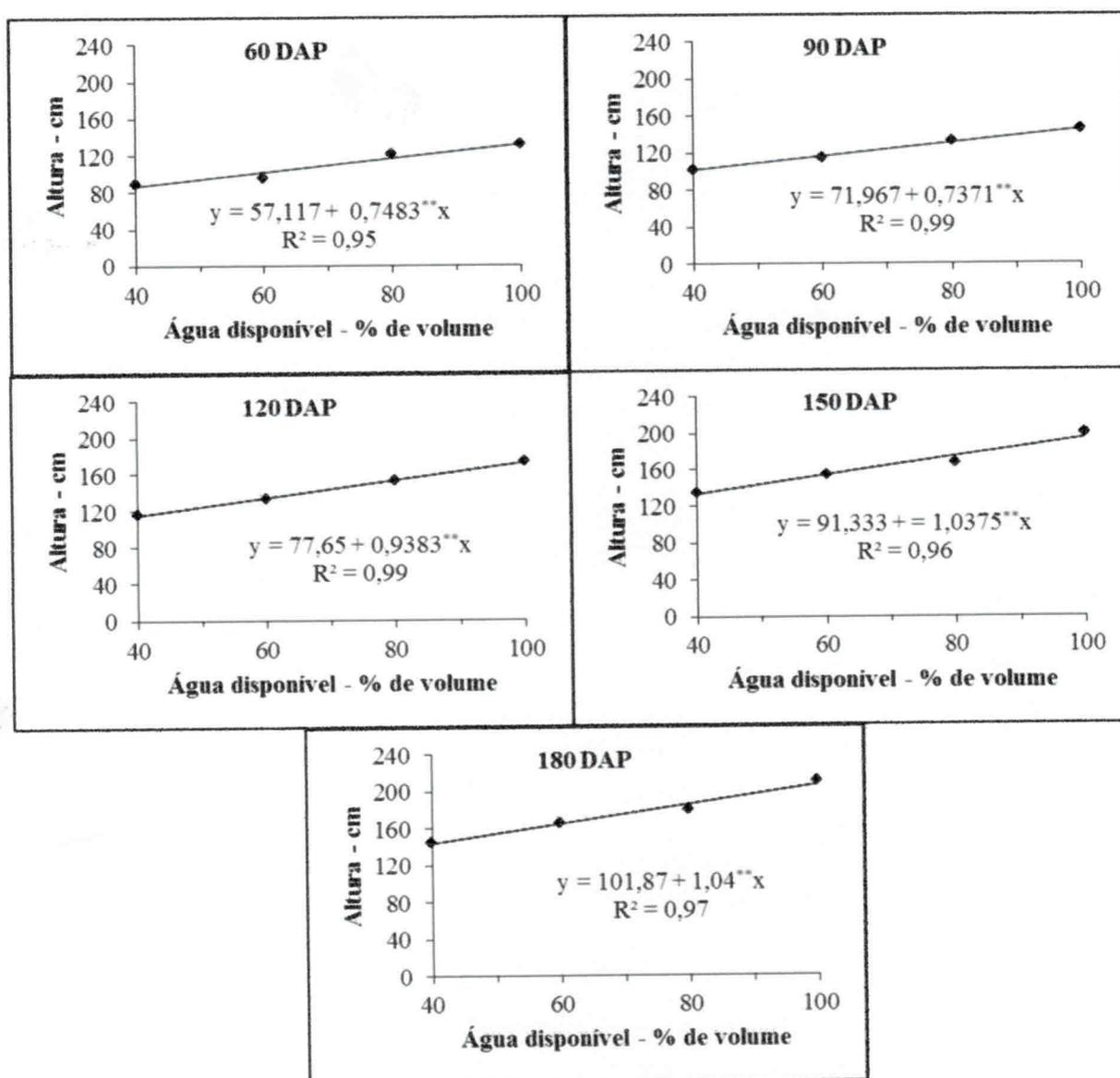


Figura 16. Altura da mamoneira em função da água disponível do solo em segundo ciclo

Lacerda (2010) encontrou, trabalhando em campo com o cultivar BRS 188 – Paraguaçu, em condições de um segundo ciclo, com diferentes níveis de água disponível no solo (AD) e dois diferentes níveis de matéria orgânica (MO), tendência de crescimento linear para a altura da planta em condições de rebrote. Esse aumento da altura evoluiu com o aumento da disponibilidade hídrica e matéria orgânica no solo, variando de 2,16 a 3,00 cm na altura da planta por aumento unitário do percentual de água do solo, para o tratamento de 5 g kg⁻¹ de MO, enquanto na condição de 25 g kg⁻¹ de MO, o aumento unitário da altura da planta variou de 2,33 a 4,42 cm dos 60 aos 180 DAP, respectivamente.

5.2.2. Diâmetro do caule - DC

Os dados referentes à variável diâmetro do caule (DC) obtidos durante o segundo ciclo da cultura, foram submetidos à análise de variância (ANAVA), cujo resumo se encontra na Tabela 13. Com relação ao diâmetro do caule dos cultivares estudados, semelhante ao primeiro ciclo, não houve diferença significativa entre eles. A água disponível no solo influenciou significativamente a nível de 1% ($p < 0,01$) durante todo o período analisado. As plantas mantidas a 100% AD aos 180 DAP, apresentaram diâmetro médio do caule de 79,3 mm, 55,95 mm a 40%, 60,18 mm a 60% e 72,15 mm a 80% de AD. O diâmetro do caule no primeiro ciclo a 100% de AD foi igual a 64,98 mm, inferior ao segundo ciclo que foi 79,3 mm, com uma diferença de 14,32 mm correspondente a 18,1% a mais no rebrote, provavelmente devido às plantas já estarem com raízes estabelecidas.

De acordo com Chaves (1991), trabalhando em condições de primeiro ciclo – sem poda, o desenvolvimento vegetal é afetado pelo déficit hídrico através de efeitos sobre a abertura estomática, o processo fotossintético e o crescimento, sendo que cada um desses processos pode ser afetado diferentemente, dependendo do genótipo da planta e da intensidade do déficit hídrico. Em geral, o crescimento vegetal é mais sensível ao déficit hídrico do que à troca gasosa e reduções no crescimento, incluindo-se o diâmetro do caule, podem ocorrer em moderado déficit hídrico do solo, antes que reduções significativas no conteúdo de água na planta ocorram (SAUSEN, 2007).

Tabela 13 - Resumo da análise de variância referente à variável diâmetro do caule dos cultivares de mamona BRS 149-Nordestina e BRS 188-Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

| Fonte de variação | GL | Diâmetro do caule | | | | | |
|---------------------------------|----|---|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|
| | | Quadrado médio | | | | | |
| | | 60 DAP | 90 DAP | 120 DAP | 150 DAP | 180 DAP | |
| Cultivar | 1 | 20,54 ^{ns} | 42,67 ^{ns} | 73,50 ^{ns} | 30,37 ^{ns} | 25,83 ^{ns} | |
| Água disponível | 3 | 565,39 ^{**} | 626,30 ^{**} | 692,81 ^{**} | 480,49 ^{**} | 694,33 ^{**} | |
| AD x Cultivar | 3 | 23,94 ^{ns} | 20,63 ^{ns} | 34,39 ^{ns} | 50,26 ^{ns} | 39,83 ^{ns} | |
| Blocos | 2 | 7,34 ^{ns} | 6,016 ^{ns} | 47,32 ^{ns} | 149,63 ^{ns} | 332,85 ^{ns} | |
| Resíduo | 14 | 37,09 | 17,93 | 53,29 | 99,20 | 125,90 | |
| CV (%) | | 11,83 | 7,86 | 12,99 ^{**} | 16,36 | 16,77 | |
| Regressão Polinomial Linear | | 1.537,97 ^{**} | 1702,53 ^{**} | 1.880,21 ^{**} | 1.340,01 ^{**} | 2.022,94 ^{**} | |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 158,11 ^{ns} | 174,96 ^{ns} | 193,82 ^{ns} | 100,042 ^{ns} | 13,05 ^{ns} | |
| Regressão Polinomial Cúbica | | 0,09 ^{ns} | 1,41 ^{ns} | 4,41 ^{ns} | 1,41 ^{ns} | 47,00 ^{ns} | |
| Desvio | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Resíduo | | 37,09 | 17,93 | 53,29 | 99,20 | 125,90 | |
| Cultivares | | Médias do diâmetro do caule (mm) | | | | | |
| Nordestina | | 50,56 a | 52,54 a | 54,49 a | 59,75 a | 65,87 a | |
| Paraguaçu | | 52,41 a | 55,21 a | 57,96 a | 62,00 a | 67,94 a | |
| DMS | | 5,33 | 3,71 | 6,39 | 8,72 | 9,82 | |
| Água Disponível (AD) | | | | | | | |
| 40 % de água disponível | | 43,28 | 45,17 | 46,98 | 53,00 | 55,95 | |
| 60 % de água disponível | | 45,42 | 47,73 | 49,98 | 55,17 | 60,18 | |
| 80 % de água disponível | | 52,42 | 54,62 | 56,75 | 62,50 | 72,15 | |
| 100 % de água disponível | | 64,87 | 67,98 | 71,12 | 72,83 | 79,33 | |

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

As regressões apresentadas na Figura 17 evidenciam a tendência de aumento linear no diâmetro, em todas as fases; o aumento no diâmetro do caule evolui com o aumento da disponibilidade hídrica do solo, variando de 0,36 a 0,41 mm por aumento unitário do percentual de água no solo dos 60 aos 180 DAP.

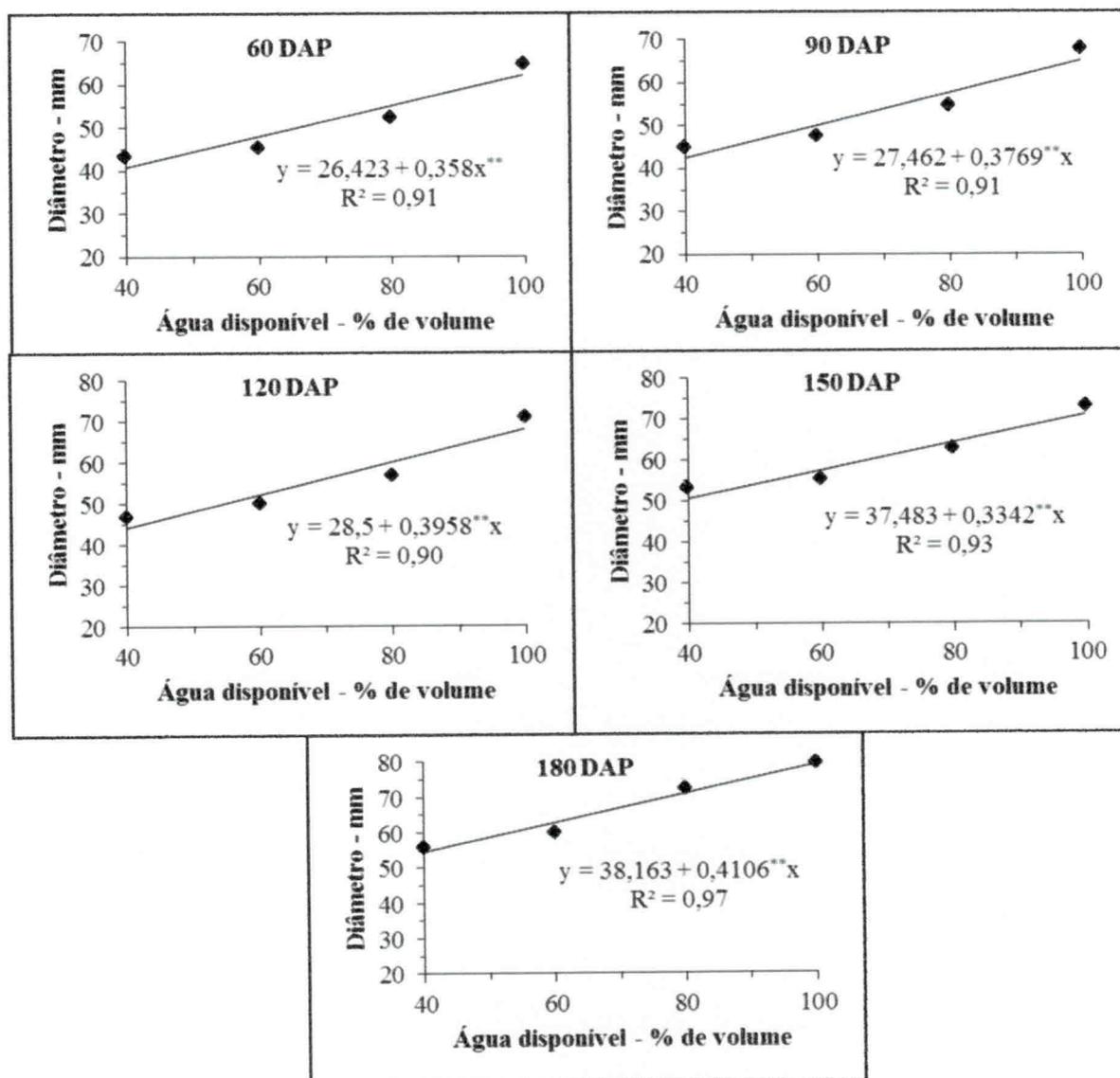


Figura 17. Diâmetro do caule da mamoneira em função da água disponível do solo em segundo ciclo

Resultados semelhantes foram encontrados por Lacerda (2010), em experimento de campo realizado com o cultivar BRS 188 – Paraguaçu, com o rebrote após a poda drástica, com diferentes teores de água disponível no solo (AD) e dois diferentes níveis de matéria orgânica (MO).

5.2.3. Área Foliar – AF

Semelhante ao primeiro ciclo, não houve diferenças estatísticas significativas para a área foliar (AF), com relação aos cultivares, conforme observado na Tabela 14. Pela análise de variância (ANAVA), mostrada na referida tabela, constata-se que a variação da área foliar da mamoneira teve influência significativa a nível de 1% ($p < 0,01$) durante todo o ciclo da cultura com relação à água disponível no solo. Observa-se superioridade das plantas cujo conteúdo de água foi mantido na capacidade de campo (100% de AD) em relação aos demais tratamentos (40, 60 e 80% de AD).

Verifica-se, aos 180 DAP, que as plantas submetidas a 100% AD (3,74 m²) tiveram sua área foliar superior em 41,7, 29,9 e 7,8 % à das plantas submetidas a 40, 60 e 80% de AD, respectivamente. Esses resultados se apresentam semelhantes aos do primeiro ciclo do experimento, demonstrando o vigor da cultivar estudada para condições de rebrote.

Sausen (2007), em condições de primeiro ciclo, observou que os efeitos do estresse hídrico sobre o processo fotossintético de plantas de mamona reduzem a atividade de troca gasosa e o aumento da eficiência no uso da água. Entretanto, sob condições severas de déficit hídrico a fotossíntese foi afetada também por limitações bioquímicas, que promoveu redução do crescimento e da área foliar total nas plantas de mamona.

A redução da área foliar com a AD do solo, encontrada no presente trabalho, pode ser influenciada pelas condições de estresse hídrico, pois, segundo afirmam Heckenberger et al. (1998), em plantas de mamona sob condições de estresse hídrico, a divisão e a expansão celular é afetada, causando a maturação das folhas em tamanhos menores. Além disso, ocorreu declínio na condutância estomática devido ao aumento da densidade de estômatos nas folhas de plantas estressadas.

Na Figura 18 têm-se as regressões para área foliar, verificando-se comportamento linear crescente na medida em que se eleva o conteúdo de água disponível do solo, durante todo o ciclo da cultura. A área foliar aos 180 DAP atingiu valores de 3,74 m² para a condição sem estresse hídrico (100 % da AD). O aumento unitário da área foliar variou de 0,006 a 0,028 m² à medida que se elevou o percentual unitário de água no solo, dos 60 aos 180 DAP, respectivamente.

Tabela 14 - Resumo da análise de variância referente à variável área foliar dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordeste e BRS 188 - Paraguai - segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

| Fonte de variação | GL | Área foliar | | | | |
|--|----|----------------------|---------------------|---------------------|--|---------------------|
| | | Quadrado médio | | | | |
| | | 60 DAP | 90 DAP | 120 DAP | 150 DAP | 180 DAP |
| Cultivar | 1 | 0,050 ^{ns} | 0,079 ^{ns} | 0,063 ^{ns} | 1,39 x 10 ⁻¹⁷ ^{ns} | 0,490 ^{ns} |
| Água disponível | 3 | 0,121 ^{**} | 0,783 ^{**} | 3,071 ^{**} | 2,312 ^{**} | 3,133 ^{**} |
| AD x Cultivar | 3 | 0,023 ^{ns} | 0,014 ^{ns} | 0,058 ^{ns} | 0,330 ^{ns} | 0,056 ^{ns} |
| Blocos | 2 | 0,001 ^{ns} | 0,019 ^{ns} | 0,143 ^{ns} | 0,185 ^{ns} | 0,373 ^{ns} |
| Resíduo | 14 | 0,004 | 0,012 | 0,067 | 0,144 | 0,286 |
| CV (%) | | 11,310 | 10,360 | 11,430 | 14,260 | 17,840 |
| Regressão Polinomial Linear | | 0,361 ^{**} | 2,341 ^{**} | 9,202 ^{**} | 6,855 ^{**} | 9,103 ^{**} |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 0,0002 ^{ns} | 0,004 ^{ns} | 0,003 ^{ns} | 0,060 ^{ns} | 0,039 ^{ns} |
| Regressão Polinomial Cúbica | | 0,002 ^{ns} | 0,007 ^{ns} | 0,008 ^{ns} | 0,022 ^{ns} | 0,257 ^{ns} |
| Desvio | | 0,000 ^{ns} | 0,000 ^{ns} | 0,000 ^{ns} | 0,000 ^{ns} | 0,000 ^{ns} |
| Resíduo | | 0,004 | 0,012 | 0,067 | 0,144 | 0,286 |
| Médias da área foliar (m²) | | | | | | |
| Cultivares | | | | | | |
| Nordestina | | 0,50 a | 1,02 a | 2,22 a | 2,66 a | 2,85 a |
| Paraguai | | 0,59 a | 1,13 a | 2,32 a | 2,66 a | 3,14 a |
| DMS | | 0,05 | 0,10 | 0,23 | 0,33 | 0,47 |
| Água Disponível (AD) | | | | | | |
| 40 % de água disponível | | 0,38 | 0,68 | 1,44 | 1,91 | 2,18 |
| 60 % de água disponível | | 0,48 | 0,90 | 1,98 | 2,43 | 2,62 |
| 80 % de água disponível | | 0,62 | 1,23 | 2,60 | 2,99 | 3,45 |
| 100 % de água disponível | | 0,70 | 1,50 | 3,08 | 3,32 | 3,74 |

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

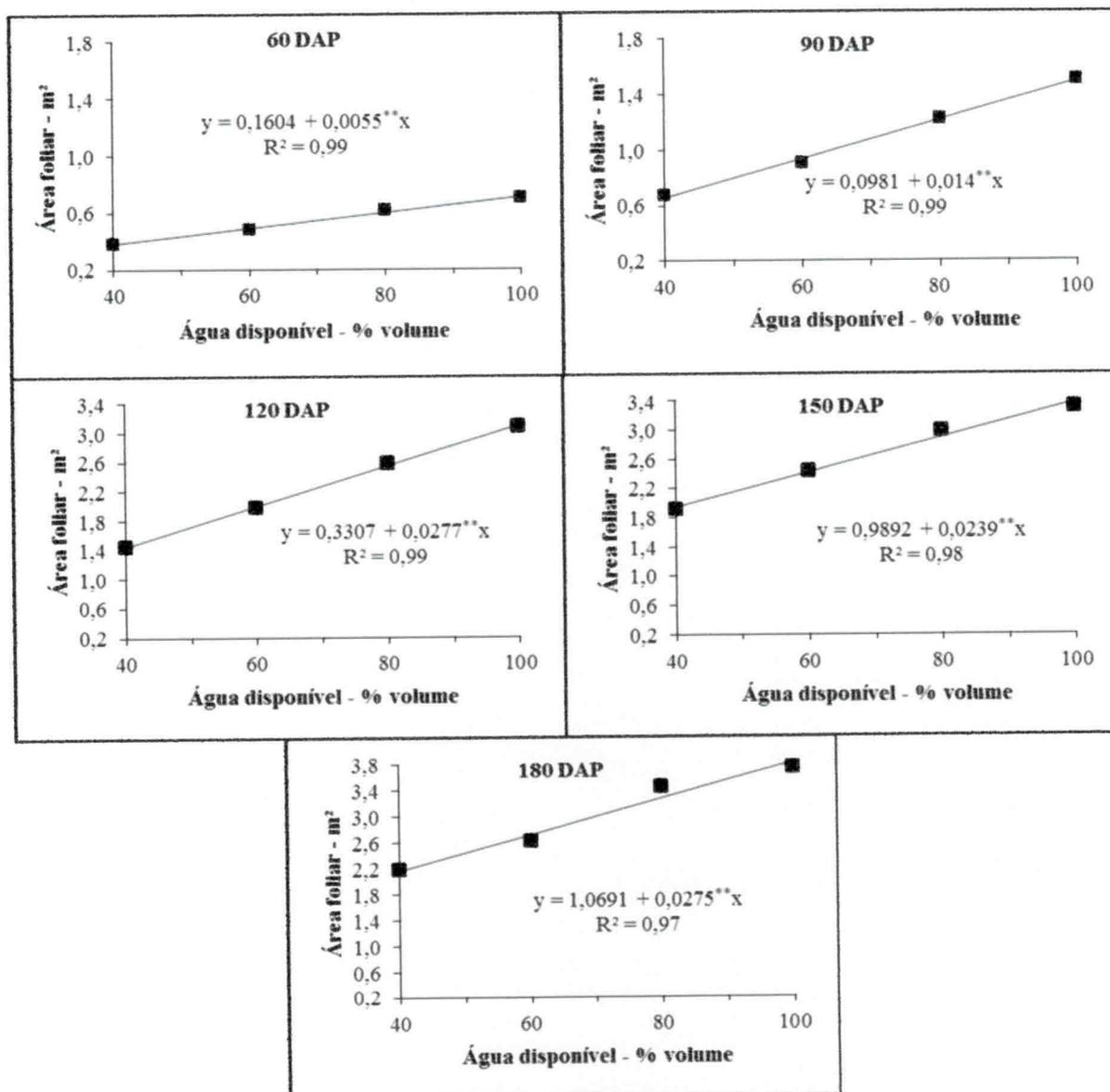


Figura 18. Área foliar da mamoneira em função da água disponível do solo, em segundo ciclo

5.2.4. Fitomassa da parte aérea - FT

Na Tabela 15 observa-se que, igual ao primeiro ciclo, a fitomassa dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, não diferiram estatisticamente. Os resultados das análises de variância (ANAVA) para a fitomassa da parte aérea (FT) dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu, são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Resumo da análise de variância referente à variável Fitomassa da parte aérea (FT) dos cultivares de mamona BRS 149-Nordestina e BRS 188-Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo (AD)

| Fonte de variação | | Fitomassa da parte aérea | | | | |
|---------------------------------|----|--------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | 60 DAP | 90 DAP | 120 DAP | 150 DAP | 180 DAP |
| | GL | Quadrado médio | | | | |
| Cultivar | 1 | 6.301,48 ^{ns} | 1289,20 ^{ns} | 16.656,36 ^{ns} | 32.147,98 ^{ns} | 3.066,37 ^{ns} |
| Água disponível | 3 | 144.710,59 ^{**} | 170.674,34 ^{**} | 502.309,99 ^{**} | 1.230.165,63 ^{**} | 1.781.787,59 ^{**} |
| AD x Cultivar | 3 | 1.686,36 ^{ns} | 1.511,14 ^{ns} | 3.924,22 ^{ns} | 16.303,74 ^{ns} | 3.448,79 ^{ns} |
| Blocos | 2 | 16.037,080 ^{ns} | 3.125,65 ^{ns} | 249,03 ^{ns} | 53.301,82 ^{ns} | 2.606,55 ^{ns} |
| Resíduo | 14 | 6.977,65 | 10.301,77 | 6.862,73 | 20.023,60 | 28.303,85 |
| CV (%) | | 21,15 | 21,19 | 14,21 | 16,82 | 13,15 |
| Regressão Polinomial Linear | | 412.486,68 ^{**} | 458.875,06 ^{**} | 1.289.132,37 ^{**} | 3.359.189,95 ^{**} | 5.053.526,09 ^{**} |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 11.922,03 ^{ns} | 50.988,45 ^{ns} | 208.924,82 ^{**} | 330.729,89 ^{ns} | 11.543,95 ^{ns} |
| Regressão Polinomial Cúbica | | 9723,06 ^{ns} | 2.159,52 ^{ns} | 8.872,79 ^{ns} | 577,02 ^{ns} | 280.292,74 ^{ns} |
| Desvio | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Resíduo | | 6.977,65 | 10.301,77 | 6.862,73 | 20.023,60 | 28.303,85 |
| | | Médias da fitomassa (g) | | | | |
| Cultivares | | | | | | |
| Nordestina | | 378,76 a | 471,67 a | 556,72 a | 804,54 a | 1.267,74 a |
| Paraguaçu | | 411,16 a | 486,32 a | 609,40 a | 877,74 a | 1.290,35 a |
| DMS | | 73,14 | 88,87 | 72,54 | 123,90 | 147,31 |
| Água Disponível (AD) | | | | | | |
| 40 % de água disponível | | 232,36 | 335,33 | 356,82 | 454,40 | 733,67 |
| 60 % de água disponível | | 341,05 | 383,79 | 411,91 | 563,02 | 906,91 |
| 80 % de água disponível | | 404,30 | 482,01 | 567,61 | 884,48 | 1.607,32 |
| 100 % de água disponível | | 602,14 | 714,84 | 995,90 | 1.462,66 | 1.868,29 |

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

Com relação a água disponível no solo, esta influenciou significativamente, a nível de 1% ($p < 0,01$), a produção de fitomassa da parte aérea. A produção média de fitomassa da parte aérea obtida por plantas conduzidas em solos mantidos a 100 % de água disponível, aos 180 DAP, ficou próxima da obtida durante o primeiro ciclo da cultura, o que demonstra a capacidade e a viabilidade de desenvolvimento do rebrote da mamoneira às condições a que foram submetidas. A fitomassa produzida pelas plantas cultivadas no solo com 100 % de água disponível (1.868,29 g), aos 180 DAP, foi superior em 60,7, 51,5 e 14,0% à fitomassa produzida pelas plantas cultivadas em solo com 40, 60, e 80% de AD, respectivamente.

A produção de fitomassa obtida aos 180 DAP com 100% de AD, foi de 1.868,29 g, enquanto para o mesmo período no primeiro ciclo (180 DAS) foi de 1.975,62 g, com diferença, para menos de 107,33 g (5,43%). Lacerda (2010), trabalhando em experimento de campo em condições de rebrote, encontrou dados de produção média de fitomassa da parte aérea obtida por plantas conduzidas em solos mantidos a 100 % de água disponível e a 5,0 g.kg⁻¹ de MO (2.117,43 g) e de 25,0 g.kg⁻¹ de MO (2.486,52 g) aos 180 DAP; esta produtividade aproximou-se da obtida durante o primeiro ciclo da cultura. Demonstra-se a capacidade e a viabilidade de desenvolvimento do rebrote da mamoneira às condições a que foram submetidas e, nas regressões para os diferentes níveis de água disponível, o acúmulo de fitomassa da parte aérea foi linear, à medida em que se elevaram os níveis de água disponível no solo; o aumento unitário da fitomassa produzida pela cultivar de mamona dos 60 aos 180 DAP, variou de 9,93 g a 30,44 g para o solo com teor de 5,0 g.kg⁻¹ de MO e de 10,0 g a 35,95 g para o solo com teor de 25,0 g.kg⁻¹ de MO, respectivamente.

Na Figura 19 estão dispostas as regressões para os diferentes níveis de água disponível no solo, verificando-se que o comportamento para o acúmulo de fitomassa da parte aérea foi linear aos 60, 90, 150 e 180 DAP, sempre que os níveis de água disponível no solo foram elevados, sendo também quadrática aos 120 DAP; o aumento unitário da fitomassa produzida pela cultivar de mamona variou de 5,86 g a 20,52 g, à medida que se elevou o percentual unitário de água no solo, dos 60 aos 180 DAP, respectivamente.

Segundo Sausen (2007), a redução da disponibilidade de água no solo regula a atividade do aparato fotossintético dos cultivares de mamona e a redução no processo de fotossíntese é causada por limitações estomáticas e metabólicas que variam de acordo com a intensidade do estresse hídrico. Classicamente, a resistência das plantas à seca tem sido dividida em estratégias de escape, evitamento e tolerância, todavia, essas estratégias não são mutuamente exclusivas e, na prática, as plantas podem combinar uma ampla gama de respostas. As plantas que escapam da seca exibem alto grau de desenvolvimento de

plasticidade, sendo capazes de completar seu ciclo de vida antes que o déficit hídrico ocorra.

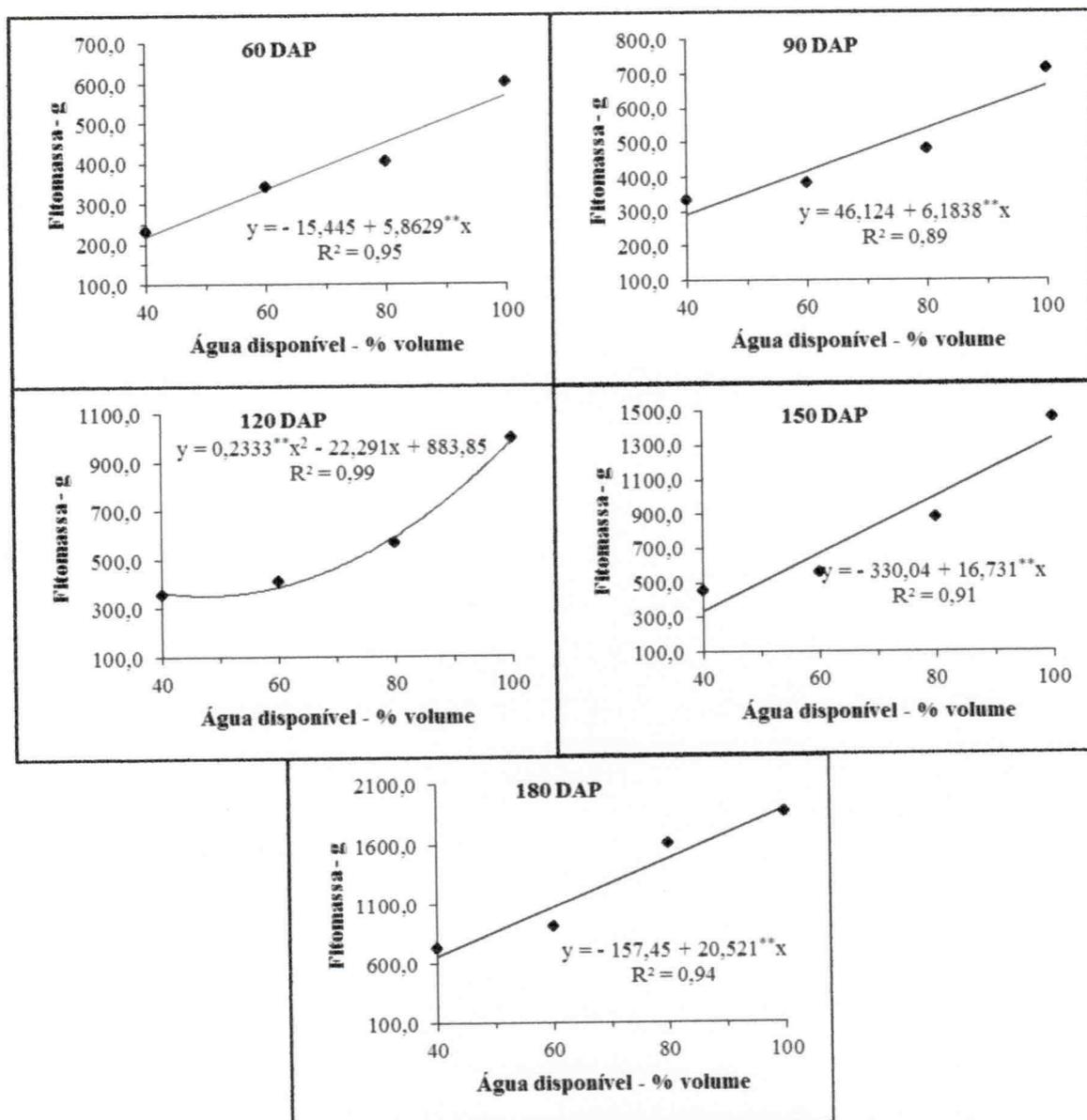


Figura 19. Fitomassa da parte aérea da mamoneira em função da água disponível do solo, em segundo ciclo

Para evitar a desidratação deve-se minimizar a perda e maximizar o ganho de água. A perda de água é minimizada pelo fechamento estomático e pela redução da absorção de luz, através do enrolamento foliar (SAUSEN, 2007), de uma densa camada de tricomas aumentando a refletância (LARCHER, 2006), da redução nos ângulos foliares ou pelo decréscimo da área foliar, através do crescimento reduzido e queda de folhas velhas. O ganho de água é maximizado pelo ajuste no padrão de alocação, aumentando o investimento em raízes e diminuindo a proporção de matéria seca alocada para a parte aérea (JACKSON et al., 2000).

5.2.5. Razão de área foliar - RAF

Na Tabela 16 se encontram os resultados das análises de variância (ANAVA) para a razão de área foliar, na qual se verificou, semelhantemente ao primeiro ciclo, que não houve influência significativa entre os cultivares de mamona mas para a água disponível no solo ela promoveu diferença significativa a nível de 1% ($p < 0,01$) dos 90 aos 120 DAP, diferença significativa a nível de 5% ($p < 0,05$), aos 150 DAP e diferença significativa ao nível de 1% ($p < 0,01$) aos 180 DAP. As plantas submetidas ao maior conteúdo de água do solo (100% da AD) apresentaram as maiores razões de área foliar (Figura 20) 26,53; 28,98; 35,54; 35,29 e 32,54 $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ aos 60, 90, 120, 150 e 180 DAP respectivamente. A RAF cresceu 25,4% dos 60 aos 120 DAP e decresceu 8,4% dos 120 aos 180 DAS, no nível de 100% de AD. Resultados semelhantes foram encontrados do primeiro ciclo aos 180 DAS.

A razão da área foliar das plantas mantidas a capacidade de campo (100% AD), aos 180 DAP (32,54 cm^2/g), foi superior em 9,8; 6,5 e 12% à razão de área foliar das plantas submetidas às condições de 40, 60 e 80% da AD, respectivamente, no mesmo período.

Os resultados das regressões para este parâmetro são mostrados na Figura 20. É possível verificar que a RAF apresentou diferença significativa com taxa de crescimento linear crescente, à medida em que se elevou a água disponível no solo. O aumento unitário da RAF variou de 0,36 a 0,35 $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$, sempre que se elevou o percentual unitário de água no solo dos 60 aos 180 DAP, respectivamente. Lacerda (2010) encontrou resultados semelhantes, apresentando valores de aumento da RAF de 0,357 a 0,354 $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$.

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

De acordo com Santos e Carlesso (1998), a senescência é um efeito comum para a cultura próximo à fase de maturação. É um mecanismo de fundamental influência na produção final das culturas, pois reduz a área fotossinteticamente ativa da planta. A senescência das folhas é induzida pelo déficit hídrico durante o período de enchimento dos grãos (WOLFE et al., 1988). Sivakumar e Shaw (1978) afirmaram que, em condições de

Tabela 16 - Resumo da análise de variância referente à variável razão de área foliar dos cultivares de mamona BRS 149-Nordestina e BRS 188-Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

| Fonte de variação | GL | Razão de área foliar | | | | |
|---|----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | Quadrado médio | | | | |
| | | 60 DAP | 90 DAP | 120 DAP | 150 DAP | 180 DAP |
| Cultivar | 1 | 75,40 ^{ns} | 10,23 ^{ns} | 1,74 ^{ns} | 5,86 ^{ns} | 0,03 ^{ns} |
| Água disponível | 3 | 46,83 ^{ns} | 105,71 ^{**} | 135,49 ^{**} | 76,29 [*] | 74,92 ^{**} |
| AD x Cultivar | 3 | 9,22 ^{ns} | 1,52 ^{ns} | 1,17 ^{ns} | 20,27 ^{ns} | 3,48 ^{ns} |
| Blocos | 2 | 8,42 ^{ns} | 19,85 ^{ns} | 7,28 ^{ns} | 14,76 ^{ns} | 38,00 ^{ns} |
| Resíduo | 14 | 19,72 | 17,73 | 12,10 | 14,19 | 11,62 |
| CV (%) | | 18,95 | 17,68 | 11,42 | 11,77 | 12,16 |
| Regressão Polinomial Linear | | 39,02 [*] | 307,10 ^{**} | 393,35 ^{**} | 214,88 ^{**} | 220,00 ^{**} |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 0,01 ^{ns} | 6,69 ^{ns} | 0,01 ^{ns} | 5,04 ^{ns} | 2,43 ^{ns} |
| Regressão Polinomial Cúbica | | 1,47 ^{ns} | 3,34 ^{ns} | 13,12 ^{ns} | 8,93 ^{ns} | 2,34 ^{ns} |
| Desvio | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Resíduo | | 19,72 | 17,73 | 12,10 | 14,19 | 11,62 |
| Médias da razão de área foliar (cm² g⁻¹) | | | | | | |
| Cultivares | | | | | | |
| Nordestina | | 21,66 a | 23,17 a | 30,18 a | 31,51 a | 27,99 a |
| Paraguaçu | | 25,20 a | 24,47 a | 30,72 a | 32,50 a | 28,06 a |
| DMS | | 3,89 | 3,69 | 3,05 | 3,30 | 2,99 |
| Água Disponível (AD) | | | | | | |
| 40 % de água disponível | | 20,30 | 19,72 | 25,33 | 27,81 | 24,14 |
| 60 % de água disponível | | 22,04 | 21,19 | 27,67 | 30,31 | 26,77 |
| 80 % de água disponível | | 24,86 | 25,39 | 33,27 | 34,62 | 28,64 |
| 100 % de água disponível | | 26,53 | 28,98 | 35,54 | 35,29 | 32,54 |

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

déficit hídrico no solo, reduz a expansão das folhas, acelera a senescência, diminui o índice de área foliar e aumenta a abscisão das folhas.

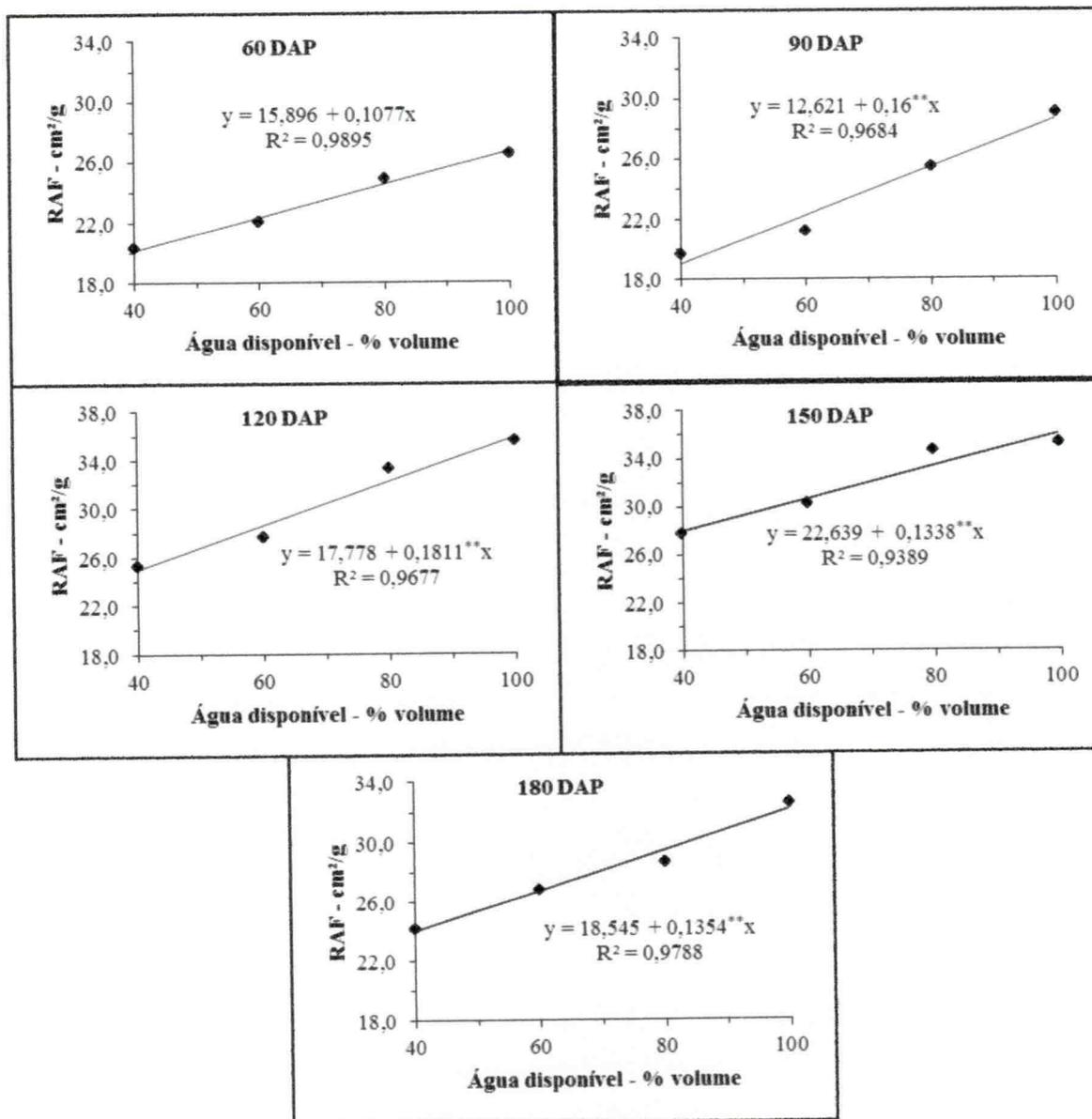


Figura 20. Razão de área foliar da mamoneira em função da água disponível do solo, em segundo ciclo

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

Os resultados das análises de variância (ANAVA) referentes ao número de dias para emissão da 1ª inflorescência (DEI) estão apresentados na Tabela 17, na qual se constata que,

igual ao primeiro ciclo, não houve diferença significativa entre os cultivares testados, evidenciando o número de dias iguais entre os cultivares para a emissão da 1ª inflorescência. Verifica-se, para os diferentes níveis de água disponível no solo, que houve diferença estatística significativa a nível de 1% ($p < 0,01$). As plantas em tratamento mantido a 100% de AD emitiram sua primeira inflorescência aos 33 dias. Ocorreu em menos tempo do que as plantas que estão em tratamentos mantidos a 40%, 60% e 80% da AD, que foi aos 46, 42 e 39 dias, respectivamente. A primeira emissão para o tratamento submetido a 100% de AD ocorreu 5 dias a menos que no primeiro ciclo; o mesmo comportamento ocorreu para os demais tratamentos submetidos a estresse hídrico que apresentaram, em média, de 1,5; 0,2 e 3 dias a menos.

Observa-se, a partir dos resultados das análises de variância (ANAVA) e conforme a Tabela 17, que para a variável altura da emissão da 1ª inflorescência (AEI) não houve diferença estatística significativa entre os cultivares de mamona enquanto para a água disponível no solo esta influenciou a nível de 1% ($p < 0,01$); as plantas conduzidas sem estresse hídrico emitiram sua primeira inflorescência a 76,45 cm de altura, enquanto que as que foram conduzidas a 40, 60 e 80 % da AD, a altura foi de 50,13, 54,45 e 59,62 cm, respectivamente. A altura média obtida para o segundo ciclo foi superior à do primeiro ciclo, embora mantivesse a mesma tendência em função da variação da água disponível no solo.

As regressões para os diferentes níveis de água disponível referente ao número de dias para a emissão da primeira inflorescência são visualizadas através da Figura 21A. Verificam-se decréscimos de 0,21 dias para cada aumento unitário do percentual de água no solo. A precocidade do cultivar em emitir suas inflorescências ocasionará provavelmente, uma colheita mais cedo e, em contrapartida um consumo menor de insumos e menor custo de produção.

Na Figura 21B verifica-se um comportamento linear crescente para a altura da primeira inflorescência com acréscimos de 0,42 cm de altura para cada aumento unitário do percentual de água no solo. A importância da variável altura da emissão da 1ª inflorescência planta diz respeito ao seu porte futuro para fins de manejo e colheita adequados.

Os resultados das análises de variância (ANAVA) referentes ao número total de inflorescências, são apresentados na Tabela 17, na qual se constata que não houve diferença significativa entre os cultivares testados. Com referência aos diferentes níveis de água disponível do solo (AD), verifica-se influência significativa ao nível de 1% ($P < 0,01$). As plantas cujo tratamento foi mantido a 100% de AD, emitiram em média 29,67 inflorescências enquanto as plantas mantidas a 40, 60 e 80 % da AD emitiram, em média, 14, 16 e 19,5

inflorescências, respectivamente. Esses resultados evidenciam a sensibilidade do cultivar de mamona às condições de escassez de água do solo às quais foram submetidas, confirmando os resultados obtidos no segundo ciclo similar aos obtidos em primeiro ciclo.

Tabela 17 - Resumo das análises de variância referente à variável número de dias para a emissão da primeira inflorescência, altura da primeira inflorescência e número total de inflorescências dos cultivares de mamona BRS 149-Nordestina e BRS 188-Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

| Fonte de variação | | Nº de dias para a emissão da 1ª inflorescência | Altura da emissão da 1ª inflorescência | Numero total de inflorescências |
|---------------------------------|----|--|--|---------------------------------|
| | GL | Quadrado médio | | |
| Cultivar | 1 | 1,50 ^{ns} | 36,26 ^{ns} | 5,04 ^{ns} |
| Água disponível | 3 | 174,11 ^{**} | 797,59 ^{**} | 291,04 ^{**} |
| AD x Cultivar | 3 | 12,06 ^{ns} | 31,21 ^{ns} | 3,49 ^{ns} |
| Blocos | 2 | 1,63 ^{ns} | 3,29 ^{ns} | 38,17 ^{ns} |
| Resíduo | 14 | 12,91 | 27,73 | 21,21 |
| CV (%) | | 8,98 | 8,75 | 23,27 |
| Regressão Polinomial Linear | | 512,53 ^{**} | 2.122,68 ^{**} | 765,08 ^{**} |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 4,17 ^{ns} | 235,00 [*] | 100,04 [*] |
| Regressão Polinomial Cúbica | | 5,63 ^{ns} | 35,10 ^{ns} | 8,01 ^{ns} |
| Desvio | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Resíduo | | 12,91 | 27,73 | 21,21 |
| Cultivares | | | | |
| Nordestina | | 40,25 a | 58,93 a | 19,33 a |
| Paraguaçu | | 39,75 a | 61,39 a | 20,25 a |
| DMS | | 3,15 | 4,61 | 4,033 |
| Água Disponível (AD) | | Dias | Altura (cm) | Unidade |
| 40 % de água disponível | | 46,00 | 50,13 | 14,00 |
| 60 % de água disponível | | 41,83 | 54,45 | 16,00 |
| 80 % de água disponível | | 39,00 | 59,62 | 19,50 |
| 100 % de água disponível | | 33,17 | 76,45 | 29,67 |

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

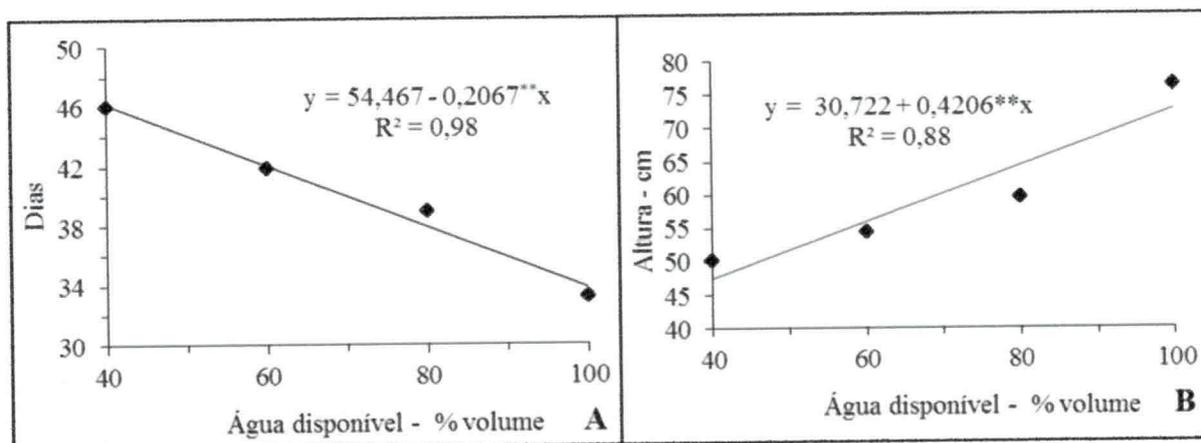


Figura 21. A) Número de dias para emissão da 1ª inflorescência e B) altura de emissão da 1ª inflorescência da mamoneira, em função da água disponível do solo em segundo ciclo

A regressão para o fator quantitativo de água disponível referente ao número total de inflorescências emitidas, está visualizada na Figura 22, na qual se constata que o número de emissões aumentou linearmente, à medida em que se elevou a disponibilidade de água no solo, com variações de 0,25 unidades para cada aumento unitário do percentual de água no solo, dos 60 aos 180 DAP.

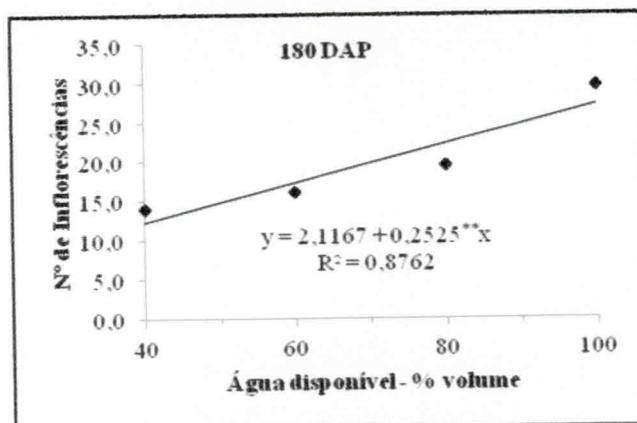


Figura 22. Número de inflorescências emitidas da mamoneira, em função da água disponível do solo em segundo ciclo

5.2.7. Produtividade de frutos

Os resultados das análises de variância (ANAVA) para a produtividade dos frutos, podem ser visualizados através da Tabela 18, demonstrando que não houve diferença

significativa entre os cultivares. Com relação aos diferentes níveis de água disponível no solo (AD) ao qual foram submetidos, verifica-se influência a nível de 1% ($p < 0,01$) para a produtividade média de frutos.

Encontrou-se valores oscilando de 977,07 kg ha⁻¹ com 40% de AD a 2.985,74 kg ha⁻¹ com 100% AD; conforme apresentado na Tabela 18. A produtividade de frutos aos 180 DAS, em solo com a capacidade de campo (100% de AD) mantida foi de 67,27, 56,13 e 34,27%, superior aos tratamentos de 40, 60 e 80% AD; a produtividade do primeiro ciclo (4.632,50 kg ha⁻¹) a 100% de AD foi 35,55% maior que na condição de rebrote (segundo ciclo).

Lacerda (2010) encontrou, em condições de campo, que os rendimentos para a condição de rebrote da mamoneira de 4.994,26 kg ha⁻¹ (100% de AD, a 25 g.kg⁻¹ de MO) e de 3.449,92 kg ha⁻¹ (100% de AD, a 5,0 g kg⁻¹ de MO), foram ligeiramente inferiores aos das produtividades encontradas para o primeiro ciclo da cultura.

Tabela 18 - Resumo das análises de variância referente à variável produtividade de frutos dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

| Fonte de variação | Produtividade | |
|---------------------------------|---------------|---|
| | GL | Quadrado médio |
| Cultivar | 1 | 79.136,24 ^{ns} |
| Água disponível | 3 | 4.699.399,20 ^{**} |
| AD x Cultivar | 3 | 73.027,16 ^{ns} |
| Blocos | 2 | 38.918,82 ^{ns} |
| Resíduo | 14 | 222.411,93 |
| CV (%) | | 26,07 |
| Regressão Polinomial Linear | | 13.382.111,20 ^{**} |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 715.330,39 ^{ns} |
| Regressão Polinomial Cúbica | | 756,01 ^{ns} |
| Desvio | | 0,00 |
| Resíduo | | 222.411,93 |
| Cultivares | | Produtividade (kg.ha⁻¹) |
| Nordestina | | 1.751,34 a |
| Paraguaçu | | 1.866,19 a |
| DMS | | 412,94 |
| Água Disponível (AD) | | |
| 40 % de água disponível | | 977,07 |
| 60 % de água disponível | | 1.309,71 |
| 80 % de água disponível | | 1.962,53 |
| 100 % de água disponível | | 2.985,74 |

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

A regressão para o fator quantitativo de água disponível referente à produtividade de frutos é visualizada na Figura 23, apresentando tendência linear crescente com diferença acentuada entre os tratamentos, com acréscimos de 33,39 kg ha⁻¹ de frutos para cada aumento unitário de água disponível.

Ao analisar o potencial produtivo do cultivar BRS 188 - Paraguaçu em condições irrigadas, Pontes et al. (2010), num único ciclo – sem rebrote, obtiveram o máximo valor estimado de 2.698,06 kg ha⁻¹, correspondente ao tratamento de 125% da ECA (lâmina de irrigação total de 582,5 mm). Nobre (2007), trabalhando com a cultivar IAC Guarani, obteve produtividade de 4.161 kg.ha⁻¹; este resultado se deve à disponibilidade hídrica de 1.288 mm e Freitas (2009) encontrou um resultado de 2.872,48 kg ha⁻¹, correspondente à lâmina máxima de 913,45 mm.

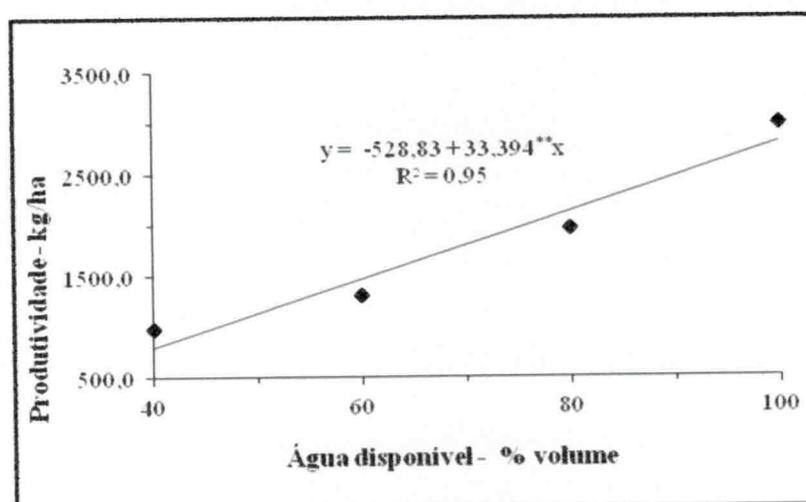


Figura 23. Produtividade de frutos da mamoneira em função da água disponível do solo, em segundo ciclo

Analisando os resultados da produtividade dos primeiro e segundo ciclos (rebrote), verificam-se incrementos de produtividade maiores para o primeiro ciclo de 768,83, 1.155,86, 1.385,55 e 1.646,76 kg ha⁻¹ nos tratamentos cujas plantas foram mantidas a 40%, 60%, 80% e 100% de AD correspondendo, em termos percentuais de 44,04, 46,88, 41,38 e 35,55%, respectivamente. A produtividade total nos dois ciclos foi 2.722,97; 3.775,28; 5.310,61 e 7.618,24 kg ha⁻¹ para 40%, 60%, 80% e 100 % de AD, respectivamente.

5.2.8. Peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação semente/fruto

Na Tabela 19 se encontram os resultados das análises de variância (ANAVA) para o peso médio de 100 frutos e se verifica que a água disponível do solo influenciou significativamente, a nível de 1% ($p < 0,01$), o peso médio de 100 frutos produzidos pelas plantas, não havendo diferença estatística significativa para esta variável entre as cultivares estudadas, igual ao que aconteceu no primeiro ciclo. Para o solo mantido a capacidade de campo (100% AD), o peso médio foi igual a 396,33 g, superior ao peso médio dos frutos produzidos por plantas mantidas a 40, 60 e 80% de AD, de 285,67, 300,83 e 318,00 g, respectivamente.

Tabela 19 - Resumo das análises de variância referente à variável peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação semente/fruto dos cultivares de mamona BRS 149 – Nordestina e BRS 188 – Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo (AD)

| Fonte de variação | | P 100 frutos | P 100 sementes | Relação semente/fruto |
|---------------------------------|----|-------------------------|---------------------------|------------------------------|
| | GL | Quadrado médio | | |
| Cultivar | 1 | 345,04 ^{ns} | 0,33 ^{ns} | 0,0025 ^{ns} |
| Água disponível | 3 | 14.536,82 ^{**} | 659,14 ^{**} | 0,0330 ^{**} |
| AD x Cultivar | 3 | 568,38 ^{ns} | 4,29 ^{ns} | 0,0007 ^{ns} |
| Blocos | 2 | 1512,17 ^{ns} | 37,42 ^{ns} | 0,0001 ^{ns} |
| Resíduo | 14 | 657,07 | 14,37 | 0,0016 |
| CV (%) | | 7,88 | 5,75 | 6,59 |
| Regressão Polinomial Linear | | 36.575,21 ^{**} | 1884,49 ^{**} | 0,0976 ^{**} |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 5.985,04 ^{**} | 92,75 ^{ns} | 0,0012 ^{ns} |
| Regressão Polinomial Cúbica | | 1.050,21 ^{ns} | 0,19 ^{ns} | 0,0002 ^{ns} |
| Desvio | | 0,00 | 0,00 | 0,0000 |
| Resíduo | | 657,07 | 14,37 | 0,0016 |
| Cultivares | | P 100 frutos (g) | P 100 sementes (g) | Relação semente/fruto |
| Nordestina | | 321,42 a | 65,77 a | 0,59 a |
| Paraguaçu | | 329,00 a | 66,00 a | 0,61 a |
| DMS | | 22,44 | 3,32 | 0,04 |
| Água Disponível (AD) | | | | |
| 40 % de água disponível | | 285,67 | 56,00 | 0,53 |
| 60 % de água disponível | | 300,83 | 59,83 | 0,56 |
| 80 % de água disponível | | 318,00 | 68,00 | 0,63 |
| 100 % de água disponível | | 396,33 | 79,67 | 0,69 |

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

A regressão para o fator quantitativo de água disponível referente ao peso médio de 100 frutos é mostrada na Figura 24A; verifica-se que a tendência para o aumento do peso médio dos frutos foi quadrática com incrementos de 15,16 g dos 40 aos 60% de AD, 17,17 g dos 60 aos 80% de AD e 78,33 g dos 80 aos 100% de AD.

Os resultados das análises de variância (ANAVA) para o peso médio de 100 sementes também são apresentados na Tabela 19. Também como no primeiro ciclo, não houve diferença significativa entre os cultivares testados; verifica-se influência significativa a nível de 1% ($p < 0,01$), para o conteúdo de água disponível no solo. O valor médio do peso de 100 sementes obtido para o tratamento submetido a 100% de água disponível foi de 79,67 g e para as que foram produzidas em plantas submetidas aos tratamentos de 40, 60 e 80% da AD, o peso médio foi de 56,00, 59,83 e 68,00 g, respectivamente. Esses valores são ligeiramente superiores aos obtidos no primeiro ciclo. A regressão para o peso médio de 100 sementes também pode ser visualizada na Figura 24B. Ocorreram acréscimos de 0,40 g para cada aumento unitário de água disponível no solo para o peso médio de 100 sementes.

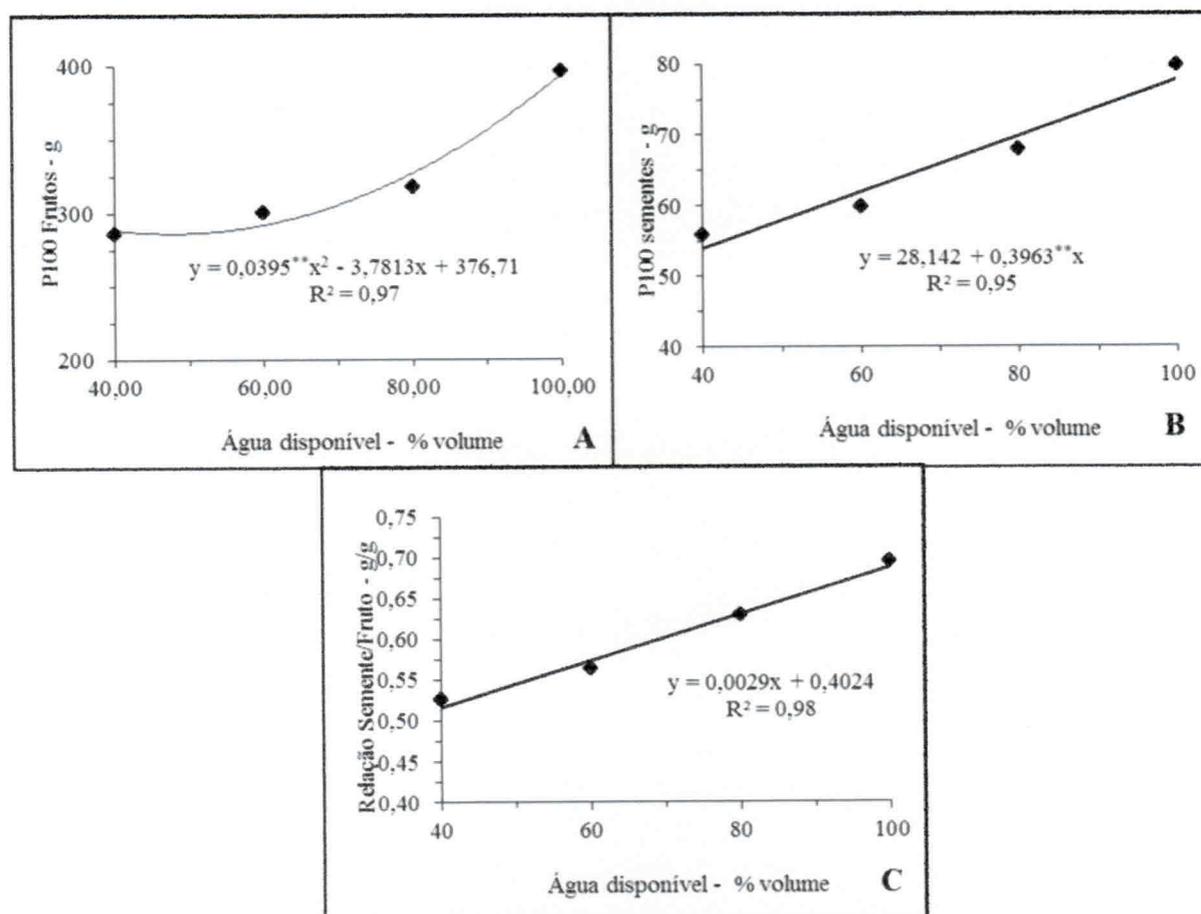


Figura 24. A) Peso médio de 100 frutos, B) peso médio de 100 sementes e C) relação semente/fruto da mamoneira em função da água disponível do solo, em segundo ciclo.

Para a relação semente/fruto, os referidos resultados das análises de variância (ANAVA) também são apresentados na Tabela 19, não havendo diferença significativa entre os cultivares testados, semelhante ao primeiro ciclo, quando foram submetidos a diferentes níveis de AD; apenas a água disponível no solo influenciou significativamente a nível de 1% ($p < 0,01$). O tratamento a 100% de água disponível teve relação semente/fruto de 0,69, enquanto para a condição em que as plantas foram cultivadas a níveis de 40, 60 e 80% da AD, esta relação foi de 0,53; 0,56 e 0,63, respectivamente. Na Figura 24C se encontra a regressão para este parâmetro; à medida em que se eleva a água disponível no solo para as plantas, esta relação aumenta a uma razão de 0,0029 para o aumento unitário de água disponível. Os resultados obtidos no rebrote condizem com os obtidos para o primeiro ciclo.

5.2.9. Teor de óleo nas sementes

São apresentados, na Tabela 20, os resultados das análises de variância (ANAVA) para o teor de óleo das sementes. Constata-se que não houve diferença significativa entre os cultivares de mamona BRS 149 – Nordestina e BRS 188 – Paraguaçu, da mesma forma que no primeiro ciclo. Entretanto, no tocante aos diferentes níveis de água a que foram submetidas as plantas, houve diferença estatística significativa a nível de 1% ($p < 0,01$) para o teor de óleo presente em suas sementes.

Quando se reduziu a água disponível no solo houve reduções no teor de óleo; as sementes produzidas pelas plantas conduzidas a 100 % de AD apresentaram, em média, teor de óleo de 51,60% enquanto os tratamentos que foram submetidos a estresse hídrico por deficiência apresentaram teores médios de 43,59, 46,37 e 49,77% de óleo, para os níveis de 40, 60 e 80% da AD, respectivamente. Os cultivares de mamona apresentaram teor de óleo em suas sementes superior ao encontrado no primeiro ciclo de produção da cultura: 2,32, 1,90, 2,10 e 2,49% a mais para os níveis de 40, 60, 80 e 100% de AD. Este parâmetro, juntamente com os demais através dos quais se avaliou a qualidade da produção, só confirma a capacidade produtiva em termos quantitativos e qualitativos da mamoneira, mediante a realização de um novo ciclo obtido através de uma poda drástica.

Tabela 20 - Resumo das análises de variância referentes à variável Teor de óleo nas sementes dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

| Fonte de variação | | Teor de óleo |
|---------------------------------|----|-------------------------|
| | GL | Quadrado médio |
| Cultivar | 1 | 0,61 ^{ns} |
| Água disponível | 3 | 76,03 ^{**} |
| AD x Cultivar | 3 | 0,42 ^{ns} |
| Blocos | 2 | 3,29 ^{ns} |
| Resíduo | 14 | 5,00 |
| CV (%) | | 4,68 |
| Regressão Polinomial Linear | | 225,31 ^{**} |
| Regressão Polinomial Cúbica | | 1,33 ^{ns} |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 1,45 ^{ns} |
| Desvio | | 0,00 |
| Resíduo | | 5,00 |
| Cultivares | | Teor de óleo (%) |
| Nordestina | | 47,67 a |
| Paraguaçu | | 47,99 a |
| DMS | | 1,96 |
| Água Disponível (AD) | | |
| 40 % de água disponível | | 43,59 |
| 60 % de água disponível | | 46,37 |
| 80 % de água disponível | | 49,77 |
| 100 % de água disponível | | 51,60 |

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

A regressão para o fator quantitativo água disponível se encontra na Figura 25; observa-se que, na medida em que se elevou o conteúdo de água disponível no solo, o teor de óleo apresentou tendência linear crescente, cujo acréscimo foi de 0,137% de óleo para cada aumento unitário de água disponível.

Para se avaliar os teores de óleo contido nas sementes dos cultivares nos primeiro e segundo ciclos, realizou-se uma comparação entre ambos, obtendo-se os seguintes resultados: os percentuais no segundo ciclo foram maiores que os do primeiro, em 5,62; 4,27; 4,41 e 5,07% para 40, 60, 80 e 100% de AD, com teores de óleo de 43,59, 46,37, 49,77 e 51,60%, respectivamente.

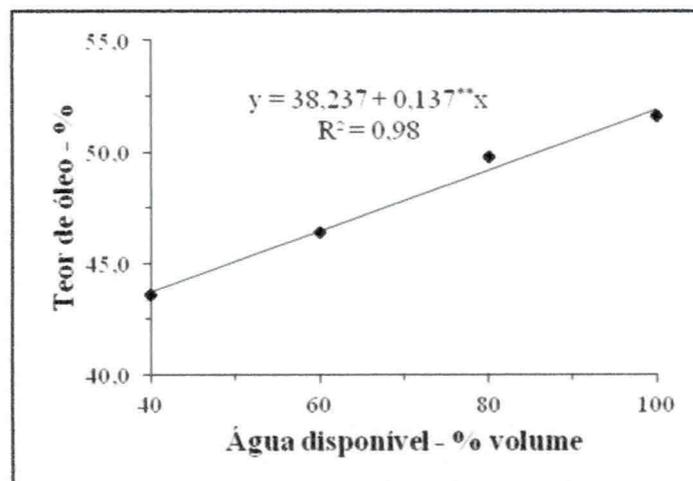


Figura 25. Teor de óleo nas sementes da mamoneira em função da água disponível do solo, em segundo ciclo

5.2.10. Lâmina de água aplicada

Na Tabela 21, se encontram os resultados das análises de variância (ANAVA) da lâmina de água aplicada, na qual não houve diferença significativa para os cultivares estudados, igual ao primeiro ciclo; constata-se diferenças significativas a nível de 1% ($p < 0,01$) referentes à variação da água disponível no solo para as plantas; plantas mantidas à capacidade de campo tiveram lâmina aplicada média de 1.230,56 mm, distribuída em uma área molhada correspondente a 33% da área total (2 m² por planta), ou seja, 0,6 m² por planta, totalizando um volume de 4.101,87 m³ ha⁻¹. Em solo mantido a 100% de AD, a lâmina média aplicada às plantas foi 31%, 14% e 7% respectivamente, superior aos tratamentos com 40%, 60% e 80% de AD.

A representação gráfica da regressão obtida para a quantidade de água aplicada é visualizada na Figura 26. O comportamento foi linear para a quantidade de água aplicada, obtendo-se incrementos de 6,13 mm na lâmina aplicada para cada aumento unitário, em percentual de volume de água disponível no solo.

Lacerda (2010) encontrou, em experimento em condições de campo, que, plantas mantidas à capacidade de campo a nível de matéria orgânica de 5,0 g kg⁻¹ tiveram volume aplicado médio de 0,7918 m³ (1.319 mm) enquanto para o tratamento com teor de matéria orgânica de 25,0 g kg⁻¹, foi de 0,8070 m³ (1.450 mm).

Tabela 21 - Resumo das análises de variância referente à variável Lâmina de água aplicada aos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 - Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

| Fonte de variação | | Lâmina de água aplicada |
|---------------------------------|----|-------------------------------------|
| | GL | Quadrado médio |
| Cultivar | 1 | 8.437,13 ^{ns} |
| Água disponível | 3 | 158.897,97 ^{**} |
| AD x Cultivar | 3 | 4.764,39 ^{ns} |
| Blocos | 2 | 1.816,74 ^{ns} |
| Resíduo | 14 | 6.724,70 |
| CV (%) | | 7,66 |
| Regressão Polinomial Linear | | 450.178,93 ^{**} |
| Regressão Polinomial Cúbica | | 21.401,86 ^{ns} |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 5.113,12 ^{ns} |
| Desvio | | 0,00 |
| Resíduo | | 6.724,67 |
| Cultivares | | Lâmina de água aplicada (mm) |
| Nordestina | | 1.051,39 a |
| Paraguaçu | | 1.088,89 a |
| DMS | | 71,80 |
| Água Disponível (AD) | | |
| 40 % de água disponível | | 850,00 |
| 60 % de água disponível | | 1.058,33 |
| 80 % de água disponível | | 1.141,67 |
| 100 % de água disponível | | 1.230,56 |

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

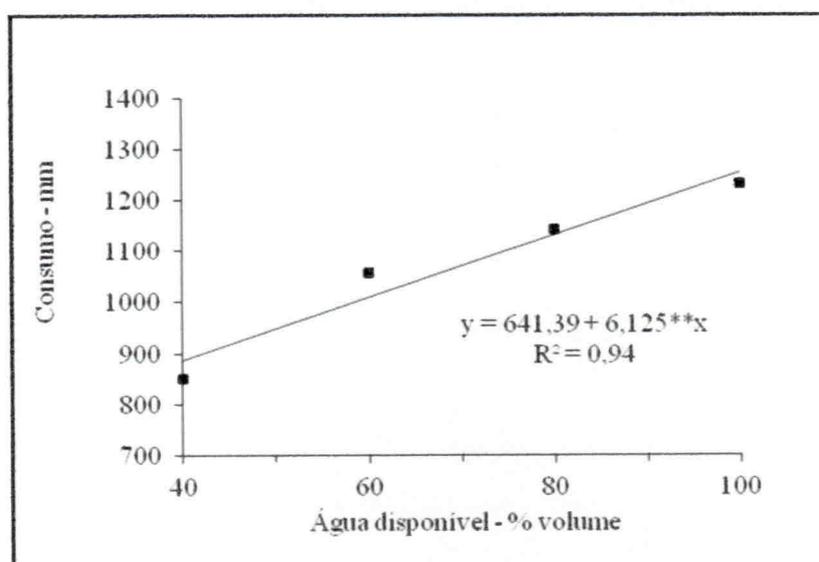


Figura 26. Consumo de água da mamoneira em função da água disponível do solo, em segundo ciclo

As diferenças entre a lâmina de água aplicada nos primeiro e segundo ciclos foram iguais a 44,44, 41,67 e 52,78 mm para 40, 60, 80 e 100% de AD, a mais para o primeiro ciclo, correspondendo a um acréscimo a maior no primeiro ciclo de 5%, 4%, 5% e 6% respectivamente.

5.2.11. Eficiência do uso de água

Na Tabela 22, estão dispostos os resultados das análises de variância (ANAVA) da eficiência do uso de água; constata-se que não houve diferença significativa para os cultivares de mamona BRS 149 – Nordestina e BRS 188 – Paraguaçu, da mesma forma que no primeiro ciclo.

Tabela 22 - Resumo das análises de variância referente à variável Eficiência do uso de água dos cultivares de mamona BRS 149 - Nordestina e BRS 188 – Paraguaçu – segundo ciclo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo

| Fonte de variação | Eficiência do uso de água | |
|---------------------------------|---------------------------|--|
| | GL | Quadrado médio |
| Cultivar | 1 | 0,01 ^{ns} |
| Água disponível | 3 | 2,03 ^{**} |
| AD x Cultivar | 3 | 0,01 ^{ns} |
| Blocos | 2 | 0,002 ^{ns} |
| Resíduo | 14 | 0,06 |
| CV (%) | | 12,11 |
| Regressão Polinomial Linear | | 5,23 ^{**} |
| Regressão Polinomial Cúbica | | 0,05 ^{ns} |
| Regressão Polinomial Quadrática | | 0,82 ^{ns} |
| Desvio | | 0,00 |
| Resíduo | | 0,06 |
| Cultivares | | Eficiência do uso de água (kg.m⁻³) |
| Nordestina | | 1,92 a |
| Paraguaçu | | 1,96 a |
| DMS | | 0,21 |
| Água Disponível (AD) | | |
| 40 % de água disponível | | 1,44 |
| 60 % de água disponível | | 1,43 |
| 80 % de água disponível | | 2,35 |
| 100 % de água disponível | | 2,53 |

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

O índice de eficiência de consumo de água obtido pelo tratamento mantido a 100% AD ($2,53 \text{ kg m}^{-3}$) e nos outros níveis (40, 60 e 80% de AD) como mostrado na Tabela 22, demonstra o potencial produtivo dos cultivares, sensíveis em sua resposta à água, quando manejados adequadamente e, paralelamente, utilizando-se os insumos necessários ao pleno desenvolvimento da cultura e uma produtividade maior.

A representação gráfica das regressões obtidas para a eficiência de uso de água dos cultivares de mamona, é visualizada na Figura 27; o comportamento foi linear para a eficiência do uso de água obtendo-se incremento de $0,0209 \text{ kg m}^{-3}$ para cada aumento unitário em percentual do volume de água disponível no solo.

Lacerda (2010), em um segundo ciclo – após uma poda drástica da planta, encontrou comportamento linear nas análises de regressão para a eficiência do uso de água, obtendo incrementos de $0,0024$ e $0,023 \text{ kg.m}^{-3}$ para cada aumento unitário em percentual do volume de água disponível no solo, para a condição de $5,0$ e $25,0 \text{ g kg}^{-1}$ de MO, respectivamente; encontrou, também, índice de eficiência de consumo de água obtido pelo tratamento mantido a 100% AD com valores iguais a $2,68$ e $2,65 \text{ kg.m}^{-3}$.

A eficiência do uso de água foi maior no segundo ciclo a 40, 80 e 100% de AD e foi 1,04, 1,06, 1,00 vezes maior do que no primeiro ciclo respectivamente; para 60% de AD, o primeiro ciclo foi 1,03 vezes maior que o segundo ciclo.

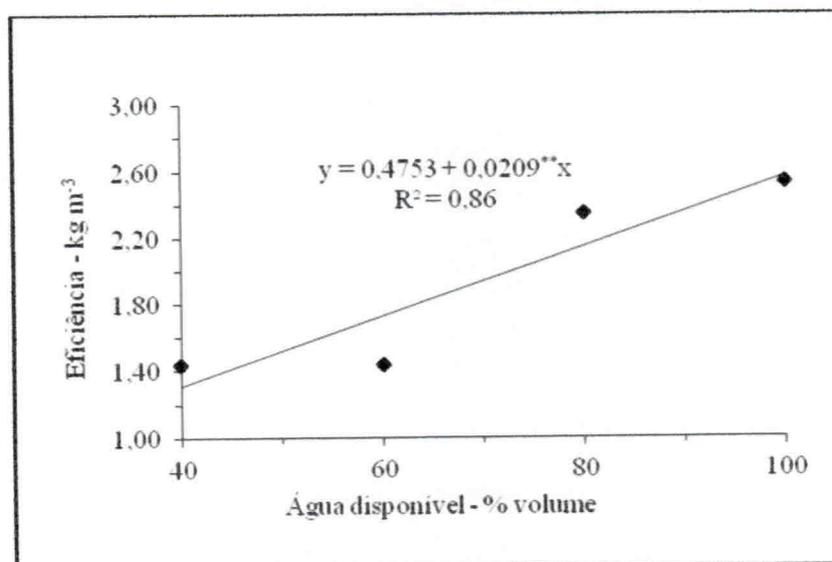


Figura 27. Eficiência do uso de água no cultivo da mamoneira em função da água disponível do solo, em segundo ciclo.

6. CONCLUSÕES

- Os cultivares de mamona BRS 149 – Nordestina e BRS 188 – Paraguaçu, tiveram o mesmo comportamento, tanto no primeiro como no segundo ciclo;
- A redução dos níveis de água disponível no solo diminuiu o crescimento e o desenvolvimento dos cultivares;
- A irrigação com níveis de água ascendentes a partir de 60% de AD, aumentou todas as variáveis de crescimento e desenvolvimento da mamoneira;
- As produtividades dos frutos e o teor de óleo das sementes da mamoneira, variáveis importantes sob o ponto de vista econômico, aumentaram com o nível de água disponível no solo;
- O potencial produtivo de cultivares de mamona em condições de segundo ciclo, obtido a partir da poda, foi inferior ao da produtividade encontrada no primeiro ciclo da cultura, salvo o teor de óleo, que foi maior no segundo ciclo. Mas, ainda assim, é viável tecnicamente a poda da mamoneira para o estabelecimento de produções em condições de um novo ciclo;
- A eficiência da mamona para transformar a água consumida em fitomassa, frutos e sementes aumenta quando se eleva o teor de água disponível no solo, evidenciando a importância dessa variável no comportamento dos cultivares;
- A viabilidade técnica e econômica do rebrote em um segundo ciclo, é devido à economia nos tratamentos culturais iniciais, onde não haverá gastos com aração, gradagem, semeio, dentre outros, bem como as raízes das mamoneiras já estarem estabelecidas e a base do caule estar formado, encontrando-se produtividades maiores no primeiro ciclo; percentuais de teor de óleo contido nas sementes dos cultivares, maior no segundo ciclo e finalmente, a eficiência do uso de água maior no segundo ciclo a 40, 80 e 100% de AD e, para 60% de AD, maior no primeiro ciclo.

7. REFERÊNCIAS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

BARROS JUNIOR, G.; Guerra, H. O. C.; Lacerda, R. D.; Cavalcanti, M. L. F.; Barros, A. D.; Análise de crescimento da mamoneira submetida ao estresse hídrico. Campina Grande. PB. In: I Congresso Brasileiro de Mamona. 1. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004. CD – ROM

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- GONÇALVES, N. P.; KAKIDA, J.; LELES, W. D. Cultivares de mamona. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte. v. 7, n. 82, p. 31-33, 1981.
- GONÇALVES, N. P.; FARIA, M. A. V. R.; SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D. Cultura da mamoneira. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte. v. 26, n. 229, p. 28-32, 2005.
- GONDIM, T. M. de S.; NÓBREGA, M. B. de M.; SEVERINO, L. S.; VASCONCELOS, R. A. de. Adensamento de mamoneira sob irrigação em Barbalha. CE. In: Congresso Brasileiro de Mamona. 1. 2004. Campina Grande. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004. CD – ROM.
- GUERRA, H. O. C. **Física dos Solos**. Campina Grande: UFCG, 2000. 173p.
- GUINN, G; MAUNEY, J. R. Fruiting of cotton. I. Effects of plant moisture status on flowering. **Agronomy Journal**. v.76, n.1, p.90-94, 1984.
- HECKENBERGER, U.; ROGGATZ, U.; SCHURR, U. Effect of drought stress on the cytological status in: *Ricinus communis*. **Journal of Experimental Botany**. Oxford. v.49. p.181-189, 1998.
- JACKSON, R. B.; SPERRY, J. S.; DAWSON, T. E. Root water uptake and transport: using physiological processes in global prediction. **Trends in Plant Science**. London. v.5. p.482-488. 2000.
- JALEEL, C. A., R. GOPI, B. SANKAR, M. GOMATHINAYAGAM AND R. PANNEERSELVAM. Differential responses in water use efficiency in two varieties of *Catharanthus roseus* under drought stress. **Comptes Rendus Biologies**. v.331, p.42-47, 2008.
- JANICK, J. A **Ciência da horticultura**. São Paulo: Freitas Bastos, 1968. p.206.
- KHAN, M. I. Topping effect in castor crop. **Journal Agricultural Research**, Lahore, v.11, n.4, p.1-8, 1973.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- SILVA, S. D. A.; GOMES, C. B.; UENO, B.; ANTHONISEN, D. G.; GALHARÇA, S. P.; BAMMANN, I.; ZANATTA Z. G. C. N. Avaliação de cultivares de mamona em Pelotas - RS, Safra 2003/04. In: 1º CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2004, Campina Grande. **Anais....** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CDROM.
- SILVA, V. **Características fisiológicas de cultivares de mamoneira (*Ricinus communis* L.) no Recôncavo Baiano**. Cruz das Almas, BA. 2008. 73p. (Dissertação de mestrado) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.
- SIVAKUMAR, M. V. K.; SHAW, R. H. Relative evaluation of water estress indicators for soybeans. **Agronomy Journal**. Madison. v.70. p.619-623. 1978.
- SOUZA, A. dos Santos; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; BEZERRA, F. M. L. Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. I – componentes de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.4, p.414-421, 2007.
- SOUZA, N. C. de; MOTA, S. B.; BEZERRA, F. M. L.; AQUINO, B. F. de; SANTOS, A. B. dos. Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.478-484, 2010.
- SOUSA, P. de S.; PORTO FILHO, F. de Q.; MEDEIROS, J. F. de.; MESQUITA, T. de O.; OLIVEIRA, C. J. da S.; ALMEIDA NETO, A. J. de.; DIAS, A. F. de S. Eficiência do uso da água pela mamoneira sob diferentes lâminas de Irrigação. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1. 2008, Salvador. **Anais...**Salvador: Embrapa, 2008. 1 CD-ROM.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Piracicaba, Artmed. 720p, 2004.
- TÁVORA, F. J. A. **A cultura da mamona**. Fortaleza: EPACE, 1982. 111p.
- TEIXEIRA, L. C. Potencialidade de oleaginosas para produção de biodiesel. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v.26, n.229, p.18-27, 2005.

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

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

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

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

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

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

ANEXOS

ANEXO I

DADOS CLIMÁTICOS - LAGOA SECA, PB

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

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

| ANO: 2009 | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| DIAS | MESES | | | | | | | | | | | |
| | JAN | FEV | MAR | ABRIL | MAIO | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ |
| 1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,0 | 0,0 | 0,3 | 6,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,0 | 25,0 | 8,7 | 4,2 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3 | 0,0 | 1,2 | 29,5 | 0,0 | 0,0 | 5,2 | 10,2 | 1,5 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 4 | 0,0 | 5,2 | 4,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 28,8 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 5 | 0,0 | 19,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,2 | 1,0 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 6 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 13,9 | 20,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 30,0 | 26,8 | 13,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,3 |
| 8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,8 | 7,0 | 3,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Total | | | | | | | | | | | | |

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

Dados climáticos - ano 2008

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

Dados climáticos - ano 2009

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

ANEXO II

Cronograma do experimento (Primeiro ciclo).

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

Cronograma do Experimento (Segundo Ciclo)

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