



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

RESPOSTA DA MAMONA À DISPONIBILIDADE  
DE ÁGUA E MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO,  
EM DOIS CICLOS COM MANEJO DE PODA

ROGÉRIO DANTAS DE LACERDA

Campina Grande  
Paraíba

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



**TESE**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**RESPOSTA DA MAMONA À DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E MATÉRIA  
ORGÂNICA NO SOLO, EM DOIS CICLOS COM MANEJO DE PODA**

**ROGÉRIO DANTAS DE LACERDA**

---

**CAMPINA GRANDE - PB**

Agosto de 2010

**ROGÉRIO DANTAS DE LACERDA**

**ENGENHEIRO AGRÍCOLA, M. SC.**

**RESPOSTA DA MAMONA À DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E MATÉRIA  
ORGÂNICA NO SOLO, EM DOIS CICLOS COM MANEJO DE PODA**

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**

**ORIENTADORES: Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra**

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Lucia Helena Garofalo Chaves**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**Agosto de 2010**





FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

- L131r      Lacerda, Rogério Dantas de.  
Resposta da mamona à disponibilidade de água e matéria orgânica no solo, em dois ciclos com manejo de poda / Rogério Dantas de Lacerda. — Campina Grande, 2010.  
141f.: il.
- Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.  
Referências.  
Orientadores: Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Hugo Orlando Carvalho Guerra e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lucia Helena Garofalo Chaves.
1. Manejo Solo - Água. 2. Manejo de Poda. 3. Mamona – *Ricinus communis* L. 4. Produção de Biodiesel. I. Título.
- CDU – 631.423.2(043)



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

**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DE DOUTORADO**

**ROGÉRIO DANTAS DE LACERDA**

**RESPOSTA DA MAMONA À DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E MATÉRIA  
ORGÂNICA NO SOLO, EM DOIS CICLOS COM MANEJO DE PODA**

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Aprovado

Dr. Hugo Orlando C. Guerra – Orientador.

Dra. Lúcia Helena G. Chaves – Orientadora.

APROVADO

Dr. José Dantas Neto – Examinador

APROVADO

Dra. Vera Lúcia A. de Lima - Examinadora

APROVADO

Dr. Adilson David de Barros – Examinador

APROVADO

Dr. Genival Barros Junior - Examinador

AGOSTO - 2010

*Aos meus pais Henrique (in memoriam) e Maria que sempre acreditaram e apoiaram nesta busca pelo conhecimento.*

*Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar meus caminhos, meus pensamentos e por estar sempre presente em minha vida.

Aos orientadores Professores Hugo Orlando Carvalho Guerra e Lúcia Helena Garofalo Chaves pelos ensinamentos, parceria e amizade.

A EMBRAPA – CNPA, pela realização da análise do teor de óleo das sementes.

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 valiosa contribuição para a realização deste trabalho.

Aos colegas Evandro Franklin, João Batista, Ricardo Miranda e aos colaboradores para a execução deste trabalho Jose Everardo, Leoberto Alcântara, Larissa Cavalcante, Flavio Rangel, Faed Ribeiro, Cristiana Maria, Cris Layne e Vinicius Mota que colaboraram ao longo de todo trabalho.

Aos Professores Genival Barros Júnior e Adilson David de Barros pelas contribuições importantes para a realização deste trabalho.

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

Aos funcionários do LIS, Francisco Clementino (“Doutor”), José Wilson , José Gomes e Pedro.

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

## RESPOSTA DA MAMONA À DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO, EM DOIS CICLOS COM MANEJO DE PODA

### RESUMO

O objetivo da pesquisa foi estudar a sensibilidade da cultivar BRS 188 - Paraguaçu a diferentes níveis de água disponível e matéria orgânica no solo, avaliando-se os efeitos dessas formas de variação no crescimento, desenvolvimento e produção. O experimento foi conduzido em condições de campo, no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais – CCAA, Campus II da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Zona Rural, Município de Lagoa Seca, PB, agreste Paraibano, com altitude média de 634 m, no período compreendido entre outubro de 2008 e outubro de 2009. Utilizou-se um solo franco-argilo-arenoso de baixo teor de matéria orgânica. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 4, constituído de dois níveis de matéria orgânica (5,0 e 25,0 g.kg<sup>-1</sup>) e quatro níveis de água disponível no solo (100, 90, 80 e 70%), distribuídos em 3 blocos. Cada parcela experimental foi constituída por uma área útil de 100,0 m<sup>2</sup> na qual foram cultivadas 50 plantas, espaçadas a 2m x 1m. O solo foi adubado com superfosfato triplo em fundação na quantidade de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e em cobertura de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e de e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N nas formas de cloreto de potássio e uréia, parcelados em porções igualitárias em intervalos de 10 dias aplicadas via fertirrigação, com a primeira aplicação ocorrendo 20 dias após o semeio. Conduziu-se o experimento por dois ciclos consecutivos, sendo o primeiro de 180 dias e o segundo a partir da poda das plantas à altura de 30 cm em relação ao nível do solo, dando início ao 2º ciclo de cultivo, por mais 180 dias. O conteúdo de água do solo foi monitorado e repostado em intervalos de dois dias, através de uma sonda de TDR segmentada. Os dados foram analisados estatisticamente através da análise de variância (ANAVA), e do teste de Tukey para comparação das médias dos tratamentos e análise de regressão para o fator quantitativo água disponível. Verificou-se que a adição de matéria orgânica e o aumento da disponibilidade hídrica no solo aumentaram todos os índices de crescimento e/ou desenvolvimento das plantas com incrementos substanciais na produtividade e na qualidade final do produto. O cultivar BRS – 188 mostrou-se sensível à redução da água disponível no solo, reduzindo severamente sua capacidade produtiva; o segundo ciclo da cultura obtido a partir da poda, 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 de uma poda drástica das plantas.

**Palavras - chave:** Manejo solo - água. Manejo de poda. Mamona - *Ricinus communis* L.  
Produção de biodiesel.

## CASTOR BEAN PERFORMANCE UNDER DIFFERENT SOIL WATER REPOSITION LEVELS AND ORGANIC MATTER CONTENT

### ABSTRACT

The objective of the experiment was to study the sensibility of the castor bean cultivar BRS 188 to different levels of available soil water for plants and soil organic matter evaluating the effects on its growing, development and production. The experiment was conducted under field conditions at the Environmental and Agrarian Sciences Center, Campus II, Universidade Estadual da Paraíba, Lagoa Seca, PB, located at a mean altitude of 634m, during the period of October 2008 to October 2009. The soil utilized was a low organic matter sandy clay loam. The experimental design used was a 2 x 4 factorial on a randomized-complete block design, constituted of two soil organic matter contents (5.0 and 25.0 g.kg<sup>-1</sup>) and four soil water contents (100, 90, 80 and 70% of the soil available water for the plants) with 3 replicates. On each 100 m<sup>2</sup> parcel were cultivated 50 plants with a spacemen of 2m x 1m. The soil was fertilized with super phosphate in foundation with 120 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and in cobertura 100 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O and 100 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen. The potassium and nitrogen fertilizer forms were potassium chloride and urea, respectively, fractionated in 10 days intervals and applied by fertiirrigation. The experiment was conducted during two cycles, the first of 180 days and a second one for another 180 days, after a drastic paring of the plant at about 30 cm from the soil surface. Soil water content was monitored every two days, using a Time Dominion Reflectometry technique (TDR). The results were submitted to analyses of variance (F test) and the means compared by the Tukey test. The quantitative factor, water levels, was studied by regression analyses. It was observed that organic matter and available soil water for plants increased the growing, the development and the production variables analyzed. The crop showed a high sensitivity to water deficit, decreasing severely its productive capacity with the decrease of the soil water content. The second cycle of the culture, presented a growth, development and production behavior similar to the one obtained on the first cycle, with very high quality characteristics of final product demonstrating the technical feasibility of the use of a second cycle, obtained after the paring.

**Key- words:** Soil and water management. Paring management. Castor bean - *Ricinus communis* L.. Biodiesel production.

## Lista de Figuras

Figura 1. Curva de retenção de água do solo .....	36
Figura 2: Croqui da área experimental com a disposição das parcelas experimentais no campo .....	39
Figura 3. Altura da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e da água disponível do solo .....	50
Figura 4. Diâmetro do caule da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu em função da matéria orgânica e água disponível do solo .....	54
Figura 5. Área foliar da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu em função da matéria orgânica e água disponível do solo .....	58
Figura 6. Fitomassa da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu em função da matéria orgânica e água disponível do solo .....	63
Figura 7. Razão de área foliar da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu em função da matéria orgânica e água disponível do solo .....	67
Figura 8. Número de inflorescências da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo .....	70
Figura 9. Número de dias para emissão da 1ª inflorescência, altura de emissão da 1ª inflorescência da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo .....	72
Figura 10. Produtividade média da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo .....	76
Figura 11. Peso médio de 100 sementes, peso médio de 100 frutos e relação fruto/semente da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu em função da matéria orgânica e água disponível do solo .....	79
Figura 12. Teor de óleo das sementes da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu em função da matéria orgânica e água disponível do solo .....	82
Figura 13. Volume de água aplicado e eficiência do uso da água da mamoneira BRS 188- – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo .....	84
Figura 14. Altura da planta da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível no solo em segundo ciclo .....	89
Figura 15. Diâmetro do caule da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo em segundo ciclo .....	92

Figura 16. Área foliar da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo.....	96
Figura 17. Fitomassa da parte área da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo em segundo ciclo .....	99
Figura 18. Razão de área foliar da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo em segundo ciclo .....	103
Figura 19. Número de inflorescência da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo em segundo ciclo .....	106
Figura 20. Número de dias para emissão da 1ª inflorescência, altura de emissão da 1ª inflorescência da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo em segundo ciclo.....	108
Figura 21. Produtividade média de frutos da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo em segundo ciclo.....	110
Figura 22. Peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação fruto/semente da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função de diferentes níveis de matéria orgânica e água disponível do solo em segundo ciclo .....	113
Figura 23. Teor de óleo das sementes da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo .....	116
Figura 24. Volume de água aplicado e eficiência do uso da água da mamoneira BRS 188- – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo em segundo ciclo .....	118

## Lista de Tabelas

Tabela 1: - Características agronômicas e tecnológicas de algumas cultivares de mamoneira exploradas em regime de sequeiro na Região Nordeste do Brasil. ....	21
Tabela 2: – Características físico-hídricas do solo da área experimental .....	34
Tabela 3. Atributos químicos do solo do experimento, após correções da acidez. ....	41
Tabela 4. Características da água de irrigação da fazenda experimental.....	42
Tabela 5. Resumo das análises de variância referente à altura da planta até os 180 DAS da cultivar BRS 188 – Paraguaçu. – Lagoa Seca. PB, 2008.....	48
Tabela 6. Resumo das análises de variância referente ao diâmetro do caule até os 180 DAS da cultivar BRS 188 – Paraguaçu – Lagoa Seca. PB, 2008 .....	53
Tabela 7. Resumo das análises de variância referente à variável área foliar, até os 180 DAS da cultivar BRS 188 – Paraguaçu – Lagoa Seca. PB, 2008 .....	56
Tabela 8. Resumo das análises de variância referente à variável Fitomassa, até os 180 DAS da cultivar BRS 188 – Paraguaçu. Lagoa Seca, PB, 2008 .....	61
Tabela 9. Resumo das análises de variância referente à variável Razão de área foliar, até os 180 DAS da cultivar BRS 188 – Paraguaçu. Lagoa Seca. PB, 2008 .....	65
Tabela 10. Resumo das análises de variância referente à variável número de inflorescência, até os 180 DAS da cultivar BRS 188 – Paraguaçu. Lagoa Seca. PB, 2008 .....	69
Tabela 11. Resumo das análises de variância referente à variável número de dias para a emissão da primeira inflorescência e altura da primeira inflorescência da cultivar BRS 188 – Paraguaçu.....	71
Tabela 12. Resumo das análises de variância referente à variável produtividade média de frutos, até os 180 DAS da cultivar BRS 188 – Paraguaçu.....	75
Tabela 13. Resumo das análises de variância referente às variáveis, peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação fruto/sementes, até os 180 DAS da cultivar BRS 188 – Paraguaçu. ....	78
Tabela 14. Resumo das análises de variância referente à variável teor de óleo das sementes da cultivar BRS 188 – Paraguaçu.....	81
Tabela 15. Resumo das análises de variância referente à variável volume aplicado e eficiência de uso de água da cultivar BRS 188 – Paraguaçu .....	83

Tabela 16. Resumo das análises de variância referente à variável altura da planta até os 180 DAP da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca. PB, 2008.....	87
Tabela 17. Resumo das análises de variância referente à variável diâmetro do caule até os 180 DAP da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca. PB, 2008.....	91
Tabela 18. Resumo das análises de variância referente à variável área foliar até os 180 DAP da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca. PB, 2008.....	94
Tabela 19. Resumo das análises de variância referente à variável fitomassa da parte aérea até os 180 DAP da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca. PB, 2008.....	98
Tabela 20. Resumo das análises de variância referente à variável razão de área foliar até os 180 DAP da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca. PB, 2008.....	102
Tabela 21. Resumo das análises de variância referente à variável número de inflorescência, até os 180 DAP da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca. PB, 2008.....	105
Tabela 22. Resumo das análises de variância referente à variável número de dias para a emissão da primeira inflorescência e altura da primeira inflorescência da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca. PB, 2008.....	107
Tabela 23. Resumo das análises de variância referente à variável produtividade média de frutos, até os 180 DAP da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca. PB, 2008.....	109
Tabela 24. Resumo das análises de variância referente às variáveis: peso médio de 100 frutos (P100F), peso médio de 100 sementes (P100S) e relação semente/frutos até os 180 DAP da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca, PB, 2008.....	112
Tabela 25. Resumo das análises de variância referente à variável teor de óleo das sementes da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca, PB, 2008.....	115
Tabela 26. Resumo das análises de variância referente às variáveis: Volume de água aplicado e eficiência de uso de água da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca, PB, 2008.....	117

## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVO GERAL.....	17
2.1. Objetivos específicos.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1. A cultura da Mamona.....	18
3.2. Metabolismo fisiológico.....	22
3.3. Necessidades hídricas da cultura.....	23
3.4. Produtos e subprodutos.....	26
3.5. Matéria orgânica no solo.....	29
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	34
4.1. Localização.....	34
4.2. Caracterização física do solo.....	34
4.2.1 - Textura.....	35
4.2.2 - Densidade do solo e das partículas - Porosidade.....	35
4.2.3 - Curva de retenção de água.....	36
4.3. Cultivar.....	36
4.4. Delineamento estatístico e tratamentos.....	37
4.5. Instalação e condução do experimento.....	40
4.6. Variáveis analisadas.....	44
4.6.1- Altura de planta (AP).....	44
4.6.2 - Diâmetro do caule (DC).....	44
4.6.3 - Área foliar (AF).....	44
4.6.4 - Fitomassa da parte aérea.....	45
4.6.5 - Razão de área foliar (RAF).....	45
4.6.6 - Dias para emissão da 1ª inflorescência (DEI), altura de emissão da 1ª inflorescência (AEI) e número total de inflorescências emitidas (NIE).....	45
4.6.7 Produtividade média de frutos.....	45
4.6.8 Peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação semente/fruto .....	46
4.6.9 Teor de óleo nas sementes.....	46
4.6.10 - Volume de água aplicado e eficiência do uso de água.....	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
5.1. PRIMEIRO CICLO.....	47
5.1.1. Altura da planta.....	47
5.1.2. Diâmetro do caule.....	51
5.1.3. Área foliar.....	55
5.1.4. Fitomassa.....	60
5.1.5. Razão de área foliar - RAF.....	64
5.1.6. Número de inflorescências, Número de dias para emissão da 1ª inflorescência, altura de emissão da 1ª inflorescência.....	68
5.1.7. Produtividade média de frutos.....	74
5.1.8. Peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação semente/fruto .....	78

5.1.9 Teor de óleo .....	81
5.1.10 Volume de água aplicado e eficiência de uso de água .....	83
5.2 SEGUNDO CICLO .....	86
5.2.1 Altura da planta .....	86
5.2.2 Diâmetro do caule .....	90
5.2.3 Área foliar .....	93
5.2.4 Fitomassa .....	97
5.2.5 Razão de área foliar .....	101
5.2.6 Número de inflorescências, número de dias para emissão da 1ª inflorescência e altura de emissão da 1ª inflorescência .....	104
5.2.7 Produtividade média de frutos .....	109
5.2.8 Peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação semente/fruto .....	112
5.2.9 Teor de óleo .....	115
5.2.10 Volume de água aplicado e eficiência de uso de água .....	117
6. CONCLUSÕES .....	119
7. REFERÊNCIAS .....	120
A N E X O S .....	136



## 1. INTRODUÇÃO

A cultura da mamona (*Ricinus communis* L.) é uma das mais tradicionais e importantes do ponto de vista social e econômico da região Nordeste do Brasil. Trata-se de uma cultura tradicional, em particular nos Estados da Bahia, Pernambuco, Paraíba, Ceará e Piauí, sendo o principal produtor o Estado da Bahia, com cerca de 80% da área nacional plantada, gerando ocupação para um elevado contingente de pequenos produtores, que plantam mais de 112.000 hectares, em até 3,0 ha (BELTRÃO et al., 2004).

A produção mundial de mamona em 2005 foi de 1,4 milhão de toneladas. Os principais produtores são Índia e China, com 60 e 20% da produção mundial, respectivamente. Na América do Sul os principais são o Brasil, com cerca de 100 mil toneladas em 2005/06, e o Paraguai, com produção entre 10 e 25 mil toneladas (PRATES et al., 2007).

São tradicionais compradores de óleo de mamona os Estados Unidos, o Mercado Comum Europeu, a Tailândia, a China e o Japão. A França utiliza cerca de 12 % da produção mundial de óleo para a síntese da poliamida ou nylon 11, largamente utilizado na indústria, principalmente a automobilística (PRATES et al., 2007).

A cultura da mamoneira reveste-se de importância pelas várias aplicações do seu óleo no mundo moderno, destacando-se por ser o único glicerídico conhecido que a natureza concebeu em mais de 320.000 espécies de espermatófitas, que é solúvel em álcool e serve de base para os mais diversos produtos industriais, nas formas de utilização como hidrogenado, desidratado e oxidado; a torta subproduto da extração do óleo é rica em fibra (mais de 35%) e teor de 5% de nitrogênio, sendo considerado um bom fertilizante e condicionante do solo (BELTRÃO, 2003).

No nordeste, além da cana-de-açúcar é possível cultivar outras espécies para produção de biocombustíveis entre outras a mamona, amendoim, gergelim, babaçu. Na atualidade, a mamona tem conseguido notoriedade no Brasil por conta de seu óleo ser utilizado em larga escala na produção de biocombustíveis, com uma área de mais de 3,0 milhões de hectares aptas ao seu cultivo. O Brasil apresenta potencial para fornecer mais de 60% do biodiesel em substituição ao diesel consumido atualmente no mundo, fato de

extrema importância justamente por se tratar de um produto pouco poluente e de baixa agressividade à camada de ozônio, ao contrário dos derivados de petróleo (MAPA, 2005).

A expansão acentuada do plantio da mamona prevê que o mercado de óleos combustíveis será superior ao do etanol, em especial pela sua maior densidade energética. Nessas circunstâncias existirá a necessidade de se investir mais em pesquisas, para superar as deficiências tecnológicas e formular sistemas de produção sustentáveis. Sugere-se, igualmente a análise e estruturação dos segmentos das cadeias produtivas, adequando-as ao novo cenário, com o incremento da demanda energética (SUERDIK, 2006).

Segundo Holanda (2004), estudos desenvolvidos pelos Ministérios do Desenvolvimento Agrário, Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Integração Nacional e Cidades, mostram que a cada 1 % de substituição de óleo diesel por biodiesel produzido com a participação da agricultura familiar, podem ser gerados cerca de 45 mil empregos no campo com uma renda média anual de aproximadamente R\$4.900 por emprego.

A mamona é uma espécie que já chegou a 8,0 t/ha de bagas, com 50% de óleo, excepcionalmente e em condições irrigadas no Nordeste com as cultivares mais modernas, como as semi-indeiscentes BRS 149 e BRS 188. Em condições de sequeiro a média é muito baixa, menos de 500 kg/ha de bagas (BELTRÃO et al. 2004).

A identificação de regiões com condições edafoclimáticas que permitam as culturas externarem o seu potencial genético em termos de produtividade e qualidade da produção 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).

A falta de resultados de pesquisa a respeito dos efeitos do conteúdo de água do solo e de matéria orgânica do solo sobre o rendimento da cultura, justificou o estudo aqui apresentado em função da sensibilidade da mesma a diferentes níveis de água disponível e matéria orgânica, que favoreçam seu pleno desenvolvimento, desde fases de germinação e crescimento, até a produtividade final do cultivo.

## **2. OBJETIVO GERAL**

Estudar a sensibilidade a diferentes níveis de água disponível no solo e matéria orgânica, da cultivar de mamona (BRS 188 - Paraguaçu) nas diversas fases do ciclo fenológico e seu efeito sobre a produção final da cultura.

### **2.1. Objetivos específicos**

- Avaliar as alterações provocadas no crescimento e desenvolvimento da cultura da mamona quando submetida a diferentes níveis de água disponível e de matéria orgânica no solo.
- Estudar o efeito do conteúdo de água do solo e de matéria orgânica na produção da mamoneira e sua influência sobre a quantidade e a qualidade do produto final.
- Estabelecer níveis críticos para a cultura se manter produtiva com relação ao conteúdo de água do solo.
- Avaliar a viabilidade do sistema de produção implantado neste experimento em 2º ciclo, a partir da poda drástica das plantas cultivadas.
- Avaliar o volume de água aplicado à mamoneira e sua eficiência de uso de água.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. A cultura da Mamona

A origem da mamoneira é referida, pela maioria dos pesquisadores, como asiática; alguns afirmam que também pode ser africana ou americana e, dentre tantas controvérsias quanto à questão, os pesquisadores soviéticos apontam como quatro os principais centros de origem para a cultura: a região iraniana-afegã-soviética; a palestina/Oeste - Asiática, a China/Índia e a Península Arábica. Espécie vegetal oleaginosa, a mamona é cientificamente conhecida como *Ricinus communis* L. pertencendo à família das *Euforbiáceas* e à subfamília *Crotonoideae* (AZEVEDO et al., 1997).

A planta da mamoneira é muito complexa, como quase toda planta superior, apresentando crescimento inicial do tipo lento, o que lhe propicia pouca capacidade de competição com plantas do agroecossistema da mesma espécie – competição intra-específica ou com outras, hábito muito comum no nordeste onde comumente se recorre a sistemas consorciados com uma ou mais culturas (AZEVEDO e BELTRÃO, 2007).

É uma espécie politípica contemplando 6 subespécies e 25 variedades botânicas (POPOVA e MOSHKIN, 1986), que diferem entre si por diversos fatores genéticos, estando as cultivares comerciais colocadas, na sua maioria, na sua subespécie *R. communis communis*, tendo híbridos entre elas, alguns de importância comercial (AZEVEDO e BELTRÃO, 2007).

A mamoneira uma planta de hábito arbustivo, apresenta diversas colorações de caule, folhas e racemos (cachos), podendo ou não possuir cera no caule e pecíolo. Em geral os frutos, possuem espinhos que, em alguns casos, são inermes; as sementes apresentam diferentes tamanhos, formatos e grande variabilidade de coloração. No Brasil, a mamona é conhecida sob as denominações de mamoneira, ricino, carrapateira, bafureira, baga e palma-cristi; na Inglaterra e Estados Unidos, pelo nome de "castor bean" e "castor seed".

As variedades cultivadas no Brasil podem ser de porte anão ou baixo (até 1,60 m), médio (1,60 a 2,00 m) ou alto (acima de 2,00 m); há também variedades com frutos deiscentes (quando maduro se abrem, deixando cair as sementes) e indeiscentes. O fruto

é uma cápsula com espinhos, com três divisões e uma semente em cada um (AZEVEDO e LIMA, 2001).

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

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

O caule apresenta grande variação de cor, presença de cera, rugosidade e nós bem definidos, com cicatrizes foliares proeminentes; o caule é geniculoso, espesso e ramificado, terminando a inflorescência, tipo racemo; a haste principal cresce verticalmente sem ramificação, até o surgimento da primeira inflorescência vulgarmente chamada cacho principal. Os ramos laterais se desenvolvem da axila da última folha, logo abaixo da inflorescência (AZEVEDO e BELTRÃO, 2007).

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

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

A flor masculina, se abre, geralmente, por volta de 2 a 3 horas antes do amanhecer (WEISS, 1983) liberando grãos de pólen viáveis por 1 a 2 dias; depois, a

camada de abscisão é formada e ela cai no solo. O botão floral feminino tem forma cônica, estreita, com 0,6 a 1,2 cm de comprimento e 0,2 cm a 0,4 cm de diâmetro (MOSHKIN, 1986; PRATA, 1969; MAZZANI, 1983). A flor feminina possui pedúnculo geralmente não articulado e cálice com cinco sépalas desiguais, ovário súpero tricarpelar, com placentação axial, estilo curto e trifurcado (MAZZANI, 1983).

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

A semente apresenta grande variabilidade, tanto na cor, forma, tamanho, peso, proporção do tegumento, presença e ausência de carúncula e maior ou menos aderência do tegumento ao endosperma (MAZZANI, 1983). O peso médio de 100 sementes varia de 68 a 71 g para as cultivares Nordeste e Paraguaçu (AZEVEDO e BELTRÃO, 2007)

Planta de clima tropical e subtropical (GRANER e GODOY JÚNIOR, 1967), tem nos elementos climáticos (precipitação pluvial, temperatura e umidade do ar, associados à altitude) os principais fatores que contribuem para externar seu potencial genético, em termos de produtividade. A temperatura ideal para crescimento e maturação dessa oleaginosa varia de 20 a 30°C (SILVA, 1981), sendo a faixa ótima em torno de 28°C; entretanto, seu cultivo é possível em temperaturas de até 33°C.

As plantas de mamona preferem áreas de topografia plana e suavemente ondulada (declividade < 12%) e solos profundos, drenados, férteis, pH variando de 6,0 a 6,8, estruturado e de textura variada; a mamoneira é exigente em nutrientes, razão pela qual se deve fazer, sempre que possível, análise do solo e, caso o pH esteja muito ácido (abaixo de 5,0), deve se fazer a calagem (EMBRAPA, 2005).

A altitude ideal para o cultivo da mamona está no intervalo entre 300 metros e 1.500 metros acima do nível do mar, devido ao fato de esta influenciar no rendimento industrial das sementes, pois é favorecida pelo orvalho e pela temperatura noturna em torno de 20° C. No litoral do Nordeste, onde as temperaturas noturnas atingem 30° C, as plantas aumentam a respiração oxidativa mitocondrial, reduzem a fotossíntese líquida, o crescimento, o número de frutos nos cachos, elevam o número de flores masculinas e promovem maior taxa de aborto das flores femininas (AZEVEDO e BELTRÃO 2007).

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

As variedades de mamoneira têm ciclo vegetativo médio entre 180 e 240 dias. Na Tabela 1 se observam características de cultivares exploradas na Região Nordeste do Brasil, sob condições de sequeiro, sem irrigação complementar ou total.

Tabela 1: - Características agrônômicas e tecnológicas de algumas cultivares de mamoneira exploradas em regime de sequeiro na Região Nordeste do Brasil.

Cultivar	Rendimento kg/ha	Período entre a emergência da plântula e o 1º racemo (dias)	Floração (dias)	Maturação (dias)	Teor de óleo na semente (%)
BRS 188	1.500	54	60	-	47,72
BRS 149	1.500	50	-	-	48,90
Sipeal 128	1.300	47	64	113	47,47
Baianita	1.150	48	64	114	47,49
Pernambucana	1.300	51	63	115	47,28

De acordo com Barros Júnior (2007), o grande desafio a ser superado na região do semiárido brasileiro, produtor de mamona, é o baixo rendimento médio obtido nos cultivos, apesar dos incrementos ocorridos nos últimos anos. Kouri e Santos (2006) constataram que no estado da Bahia, maior produtor nacional desta espécie vegetal, entre os anos de 2003 e 2005 obtiveram rendimentos médios em sequeiro de 695,3 kg/ha, contra 1580,3 kg/ha alcançados no estado de São Paulo, para o mesmo período.

### 3.2. Metabolismo fisiológico

Para a manutenção da vida, um constante fornecimento de energia é requerido; entretanto, apenas aproximadamente 5% da energia solar que chega até a superfície terrestre são convertidos em carboidratos, mediante o processo fotossintético (PÁDUA, 1998). Os organismos fotossintéticos podem produzir carboidratos de  $\text{CO}_2$  que utiliza a energia fornecida pelo ATP (adenosina trifosfato) e pelo NADP (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato) gerados por transferência fotossintética de elétrons. Os organismos vegetais empregam o  $\text{CO}_2$  como única fonte de átomos de carbono necessários para a reação de biossíntese, não apenas de celulose e amido mas também de lipídios, proteínas e de muitos variados componentes orgânicos das células vegetais (BELTRÃO, 2005).

Certos vegetais possuem uma anatomia que lhes permitem fixar  $\text{CO}_2$  por duas vias, proporcionando, a estas plantas, um aproveitamento melhor da radiação solar, com baixíssima fotorrespiração e pouco consumo de água - são as chamadas plantas de metabolismo  $\text{C}_4$  (MODESTO e SIQUEIRA, 1981). Da mesma forma, os vegetais classificados como crassuláceas (cactos, abacaxis) as chamadas plantas CAM, que normalmente são encontrados em ambientes inóspitos, em que os conteúdos de água no solo chegam a níveis ínfimos, possuem um metabolismo fisiológico extremamente especial que lhes permitem fixar  $\text{CO}_2$  (ao mesmo tempo em que fazem economia de água através do fechamento dos estômatos durante o dia) utilizando-se de seus ácidos orgânicos (fosfoenolpirúvico) para retê-lo durante este período, liberando-o durante a noite para a produção de glicose (BARROS JÚNIOR, 2007).

Diferentemente destes dois grupos de vegetais, as plantas de metabolismo  $\text{C}_3$ , entre as quais se inclui a mamona, necessitam de condições climáticas amenas e de uma boa disponibilidade de água no solo para que a fixação do  $\text{CO}_2$  seja realizada sempre durante o dia, de forma que os hidrogênios do  $\text{NADPH}_2$  e a combinação do gás carbônico com a enzima ribulose - difosfato, produzam o ácido fosfoglicérico que, por sua vez, ao ser estimulado pelo ATP e pelo próprio  $\text{NADPH}_2$ , transforma-se em triose - fosfato ( $\text{C}_3$ ), o qual, em reações casuais, produz diferentes tipos de açúcares necessários ao desenvolvimento das plantas (SAMPAIO, 1998). Mais do que nos outros grupos, o déficit de água no solo e, conseqüentemente, nas folhas da mamona, torna-se fator preponderante para o fechamento dos estômatos independente das condições de luz,  $\text{CO}_2$  ou de temperatura (REICHARDT, 1979), com conseqüente limitação da taxa



fotossintética pela diminuição da hidratação do protoplasma e pela redução das atividades enzimáticas e metabólicas.

As plantas do grupo C<sub>3</sub> apresentam uma eficiência do uso de água de no máximo 3,0 gramas de CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>H<sub>2</sub>O contra 5,0 gramas do grupo C<sub>4</sub> e até 40 gramas obtidos pelas plantas CAM. A mamona, por apresentar fotossíntese líquida igual a zero em ambientes cuja concentração de CO<sub>2</sub> esteja abaixo de 100 ppm, apresenta uma taxa de fotossíntese variando de 18 a 20 mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/hora quando a atmosfera apresenta-se com 300 ppm de CO<sub>2</sub> (AMORIM NETO et al., 2001); plantas classificadas como C<sub>3</sub>, geralmente apresentam taxa fotossintética considerada ótima em torno de 30 mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/hora, desta forma, a mamona torna-se ineficiente em relação a culturas classificadas como C<sub>4</sub>, cuja taxa fotossintética chegar a atingir 60 mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/hora (BELTRÃO et al., 2001).

A mamoneira com metabolismo fotossintético C<sub>3</sub>, mesmo com baixa eficiência na assimilação do carbono, produz em média 10 a 12 t de oxigênio por hectare e o equivalente em sequestro do carbono da atmosfera, requer pelo menos 2000 graus-dia no ciclo, com um ótimo de 3800 graus-dia, condições em que pode produzir cerca de 12 t de matéria seca, ou seja, de fitomassa por hectare, em condições de sequeiro, em ano bom de chuvas; em fim a produção de 20 t de biomassa/ha poderá ser atingida em condições excepcionais de cultivo e de manejo cultural.

### **3.3. Necessidades hídricas da cultura**

No Nordeste brasileiro a agricultura desempenha importante papel na economia regional, no entanto, as adversidades climáticas aliadas às práticas agrícolas ultrapassadas, tornam esta atividade basicamente uma atividade de subsistência. Considerando que a agricultura irrigada apresenta-se como alternativa para esta região, faz-se necessário que os recursos hídricos disponíveis sejam utilizados de maneira racional. Para tanto, técnicas de manejo da água, do solo e do sistema de cultivo são imprescindíveis (SILVA, 1994).

Para Santos e Carlesso (1998), 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. Segundo 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 frequência e a intensidade do déficit hídrico constituem os fatores mais importantes à limitação da produção agrícola mundial. De acordo com Ortolani e Camargo (1987), sem se considerar os efeitos extremos, esta limitação é responsável por 60 a 70% da variabilidade final da produção, razão por que, no planejamento da agricultura irrigada, é de fundamental importância o conhecimento das condições meteorológicas durante o período de desenvolvimento das plantas, principalmente quanto aos períodos de baixa precipitação e elevada demanda na evapotranspiração. Na agricultura de sequeiro, entretanto, a prioridade é associar a época de plantio ao período mais adequado de disponibilidade de água às plantas, principalmente em regiões de baixas latitudes (SANTOS e CARLESSO, 1998).

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. (2003), 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 comparado-se 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 a redução no crescimento em altura e diâmetro do caule, bem 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.

Os principais sintomas do encharcamento são: morte da raiz pivotante, surgimento de raízes espessas e superficiais, alargamento (hipertrofia) do colo da planta formando um tecido esponjoso, seguido de necrose e morte do floema, folhas posicionando-se verticalmente e murchando a seguir, encurvamento de pecíolos foliares e do caule (SEVERINO et al. 2004 a).

As pesquisas sobre irrigação contam com diversas técnicas fornecedoras de informações sobre o sistema solo-planta-clima-atmosfera, tal 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, tendo

a FAO, nas últimas décadas, reiteradamente recomendado a realização de pesquisas locais para determinar a demanda hídrica das culturas, principalmente para estimar e medir a evapotranspiração, pois a escolha de determinado método de determinação deve ser procedida por uma calibração local (CURI e CAMPELO JÚNIOR, 2004).

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 a cultura da mamona (SHAINBERG e OSTER, 1978). Fator fundamental na produção de alimentos, a água, tem se tornado um recurso extremamente disputado em todo o mundo. A prática da irrigação, é em muitas situações, é 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 para as plantas devido a taxa de evapotranspiração exceder a da precipitação durante a maior parte do ano (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 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 sua altura e a Paraguaçu apresentando um índice 71 % acima, o que evidencia a sensibilidade das cultivares à situação de estresse hídrico a que foram submetidas.

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

Em regiões que apresentam totais de precipitação inferiores ao limite mínimo de 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 perdas totais 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 forma 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 diferentes fases fenológicas. Pesquisas realizadas pela Empresa Baiana de Desenvolvimento Agropecuário - EBDA e pela EMBRAPA - CNPA, concluíram que, tanto para cultivar BRS 149 - Nordestina quanto para a BRS 188 - Paraguaçu, o potencial de produtividade médio varia de 1.500 kg/ha em condições de sequeiro a 5.000 kg/ha em condições irrigadas (CARVALHO, 2005).

### **3.4 Produtos e subprodutos**

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

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

O teor de óleo das sementes de mamona pode variar de 35 a 55% (VIEIRA et al., 1998). É o subproduto da mamona de maior destaque, único glicerídeo que a natureza concebeu em mais de 320.000 espécies de espermatófitos que é solúvel em álcool. Cerca

de 90% do óleo são compostos de triglicerídio, principalmente da ricinoleína, que é o componente do ácido ricinoléico, cuja fórmula molecular é  $(C_{17}H_{32}OHCOOH)$ , o que confere ao óleo suas características singulares, possibilitando ampla gama de utilização industrial (AZEVEDO e LIMA, 2001).

As principais reações químicas do óleo de mamona, em ordem de importância mundial, segundo ICOA (2005) são: pirólise para produção do Nylon, hidrogenação, desidratação, fusão cáustica para produção do ácido sebácico, ácido undecilênico e heptaldeído (ambos subprodutos da pirólise), sulfonação, alcoxilação, oxidação/polimerização, esterificação, dimerização (da desidratação) e outras (EMBRAPA, 2006).

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

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

O óleo como lubrificante tem sido amplamente difundido, sobretudo em algumas situações específicas em que os óleos minerais tornam-se menos eficientes. Tal é o caso de certos equipamentos, como mancais ou engrenagens sujeitas a resfriamento a água determinando, portanto, a necessidade de lubrificação com óleo, cujo grupo hidroxílico no derivado ricinoléico, lhe confere alta capacidade de aderência às superfícies umedecidas. Além de seu baixo ponto de solidificação, em torno de  $30^{\circ}\text{C}$  negativos, outras qualidades do óleo, tais como resistência ao escoamento e viscosidade elevada, o

recomendam também como lubrificante de turbinas de aeronaves ou de veículos automotores que operam em regiões geladas. Suas características físicoquímicas favorecem, por outro lado, que seja utilizado como fluido para freios hidráulicos de veículos, não atacando a borracha, metais ou plásticos, sendo esta aplicação do óleo a mais importante no Brasil (AZEVEDO et al., 1997).

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

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

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

É aconselhável que a torta, mesmo sendo usada como adubo, passe pelo processo de destoxicação e desalergenização, pois a aplicação deste produto pode causar alergia aos trabalhadores e aos moradores da proximidade para onde a poeira da torta pode ser levada pelo vento, além de poder provocar intoxicação de animais domésticos. Por outro lado, a destoxicação provavelmente diminua o efeito nematicida do produto, que é um importante atrativo (SEVERINO, 2005).

Akhtar e Mahmood (1996), demonstraram o efeito da adubação com torta de mamona sobre a redução da população de nematóides fitoparasitas e ainda o aumento da população de nematóides predadores de vida livre, o que propiciou melhor desenvolvimento das plantas de *Cajanus cajan*. Mashela e Nithangeni (2002) também

demonstraram a eficácia da torta de mamona na supressão do crescimento da população do nematóide *Meloidogyne incognita* em tomateiros (SEVERINO, 2005).

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

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

### **3.5. Matéria orgânica no solo**

Apesar de sua pequena proporção em relação à massa total dos solos, a matéria orgânica desempenha grande influência sobre várias propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e exerce várias funções nos ecossistemas terrestres. No entanto, é bastante difícil separar qual característica do solo é mais influenciada pela matéria orgânica do solo, visto que há grande interação entre elas. Desta forma, muitas das variações das propriedades de determinado solo são mais influenciadas não somente pelo efeito direto da quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo mas também pelo produto das interações entre os diversos componentes do sistema (NOVAIS, et al., 2007).

A matéria orgânica contribui de várias maneiras para a fertilidade do solo, possibilitando-lhe uma estrutura favorável e uma disponibilidade maior de elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas os quais, através da oxidação de nutrientes, como o fósforo, o nitrogênio e o enxofre, são liberados para as plantas (PONS, 1980). De

acordo com Janick (1966), a matéria orgânica afeta tanto a fertilidade quanto as condições físicas do solo e funciona como fonte de nitrogênio e de outros nutrientes, influencia fortemente a capacidade de troca iônica no solo devido ao aumento da sua capacidade de retenção de água, tão importante nos solos arenosos e pela melhoria do arejamento, especialmente necessário nos solos argilosos.

Do ponto de vista físico, a matéria orgânica melhora a estrutura do solo, reduz a plasticidade e a coesão, aumenta a capacidade de retenção de água e a aeração, permitindo maior penetração e distribuição das raízes. Quimicamente, a matéria orgânica é uma importante fonte de macro e micronutrientes essenciais às plantas, além de atuar indiretamente na disponibilidade dos mesmos, devido à elevação do pH; aumenta a capacidade de retenção dos nutrientes, evitando perdas. Biologicamente, a matéria orgânica aumenta a concentração e a atividade dos micro-organismos do solo, por ser fonte de energia e de nutrientes (KIEHL, 1985). Fatores inerentes à matéria orgânica, como a relação C/N, presença de lignina e granulometria, interferem na dinâmica microbiana.

Segundo Kiehl (1985), os adubos orgânicos aplicados ao solo sempre proporcionam resposta positiva sobre a produção das culturas, chegando a igualar ou até mesmo a superar, os efeitos dos fertilizantes químicos; entretanto, dependendo de sua composição química, da taxa de mineralização e do teor de nitrogênio que, por sua vez, sofrem influências das condições climáticas quando adicionados em doses elevadas, podem tornar-se prejudiciais às culturas.

As substâncias húmicas, principais componentes da matéria orgânica do solo, são objeto de estudo de várias áreas da agricultura, às devido as suas funções, que podem beneficiar o cultivo de plantas; as substâncias húmicas participam em processos agronômicos, ambientais e geoquímicos; servem de reservatório para micronutrientes no solo, disponibilizando-os mais tarde para as raízes das plantas (MAC CARTHY, 2001).

O húmus é o resultado da transformação biológica de detritos vegetais e animais em uma substância escura e inodora utilizada no processo de adubação de solos inférteis; tem a capacidade de promover alterações e, principalmente, correções nas propriedades físico-químicas e minerais do solo, porém os diversos tipos de húmus contribuem de maneiras diferentes mas, em geral, quanto mais avançado o nível de humificação (relação C/N mais baixa), maiores serão seus efeitos benéficos (KIEHL, 1985). A formação do húmus ocorre quando micro-organismos, como bactérias, fungos, vermes e



insetos, entre outros, utilizam a matéria orgânica do solo para a formação de seus tecidos, deixando no solo elementos volatilizados e outros que são biologicamente transformados em uma substância escura, uniforme, de aspecto de massa amorfa, rica em partículas coloidais proporcionando, a este novo material formado, propriedades físicas, químicas e físico-químicas inteiramente diferentes da matéria-prima que lhe deu origem (KIEHL, 1985).

Os compostos orgânicos atuam entre as partículas individuais do solo, como agentes cimentantes das unidades estruturais (agregados). A formação e a estabilização dos agregados afetam a aeração, a permeabilidade e a capacidade de retenção de água pelo solo. A maior estabilidade que a matéria orgânica promove aos agregados, também dificulta a dispersão das partículas pelas águas de chuva, aumentando a resistência à erosão (MEURER, 2006).

O fenômeno de agregação é resultante da reorganização, floculação e ação das partículas cimentantes sobre as partículas primárias do solo. Os agregados protegem fisicamente a matéria orgânica do solo ao formar uma barreira física aos micro-organismos e suas enzimas aos substratos, por controlar interações entre cadeias alimentares e por influenciar o “turnover” microbiano. Em solos tropicais a fração argila é dominada por caulinita e oxihidróxidos de Fe e Al e em razão da forte ação cimentante entre as partículas primárias, proporcionada pelos oxihidróxidos de Fe e Al e pela forte interação com a caulinita. Ao contrário dos solos de clima temperado, nos quais os compostos orgânicos são os principais agentes estabilizantes dos agregados, nos solos muito intemperizados os óxidos são os principais agentes estabilizantes, sobrepondo-se ao efeito dos materiais orgânicos (NOVAIS et al., 2007).

A estabilidade conferida aos agregados pode ser inicialmente passageira, em decorrência da decomposição microbiana de carboidratos e aminoácidos do resíduo, mas, numa segunda fase, ela é fortalecida pela interação com ácidos fenólicos liberados, pela decomposição microbiana (MARTENS, 2000). Geralmente, compostos de decomposição mais lenta demoram mais para atuar efetivamente na agregação do solo, porém este efeito é mais duradouro.

A fração húmus (substâncias húmicas e não-húmicas) interage por meio de seus grupamentos funcionais de diversas formas com a fração mineral do solo, principalmente a fração argila. Decorrente da diversidade de grupamentos reativos, há vários mecanismos envolvidos na interação dessas substâncias com a fração argila. A

associação é possível ser tão grande que pode formar um plasma onde dificilmente pode ser diferenciada a fração orgânica da mineral. Na separação da matéria macro-orgânica é comum dispersar o solo em um líquido de densidade ao redor de  $1,8 \text{ kg L}^{-1}$  e observar que grande parte da fração húmica precipita com a fração mineral, ficando em suspensão material não ou parcialmente humificado, tendo apenas uma pequena contaminação com material de cor mais escurecida. Este comportamento ilustra a forte interação das substâncias húmicas com a fração argila, atuando com a estabilização de microagregados (NOVAIS et al., 2007).

O nível de matéria orgânica do solo é um dos principais fatores condicionantes da sua produtividade e equilíbrio do sistema e, segundo Bouma e Hole (1971), a taxa de sua decomposição é dependente, de certa forma, das práticas de cultivo empregadas, principalmente das relacionadas ao seu sistema e à incorporação de restos culturais. De acordo com Sampaio e Salcedo (1997), a diminuição da matéria orgânica no semiárido nordestino se dá devido a retirada de nutrientes pelas culturas, à erosão, a lixiviação e pela queima dos restos culturais, quando da sua implantação.

Em solos tropicais e subtropicais altamente intemperizados, a aplicação de matéria orgânica é imprescindível no fornecimento de nutrientes às culturas, aumento da retenção de cátions, complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, aumento da estabilidade da estrutura, infiltração e retenção de água, aeração e atividade microbiana, constituindo-se em componente fundamental da sua capacidade produtiva (BAYER e MIELNICZUK, 1999).

A água é uma molécula polar, retida por pontes de H pelos grupamentos funcionais hidrofílicos e é repelida pelas cadeias orgânicas apolares da matéria orgânica do solo. De forma geral, a matéria orgânica do solo pode reter até 20 vezes sua massa em água (STEVENSON, 1994), sendo parte retida na sua estrutura interna, com baixa disponibilidade para as plantas. O aumento da polimerização das substâncias húmicas e de sua interação com a fração mineral do solo pode diminuir a capacidade do solo em reter água. Muitas vezes, altos teores de matéria orgânica do solo refletem grande caráter hidrofóbico do solo, visto que a porção hidrofílica da matéria orgânica do solo orienta-se na direção do interior do agregado enquanto a porção hidrofóbica direciona-se para a face externa, formando uma camada repelente à água (KAISER e ZECH, 2000).

A exposição do solo a intensos ciclos de umedecimento e secagem (por exemplo solos de áreas quentes irrigadas e com baixo aporte orgânico) pode favorecer a decomposição/mineralização da matéria orgânica mais ativa, com maior proporção de

grupamentos funcionais e com menor interação com a fração mineral do solo. Isso faz com que a capacidade do solo em reter água seja reduzida em decorrência do aumento da proporção de compostos hidrofóbicos/hidrofilicos da matéria orgânica do solo e do aumento proporcional da matéria orgânica do solo, fortemente complexada pela fração mineral do solo, onde parte significativa dos grupamentos funcionais da matéria orgânica do solo estão envolvidos nas ligações com a fração mineral (NOVAIS et al., 2007).

A matéria orgânica do solo também pode reter água na estrutura ativa e na matéria macro-orgânica. Esta água é importante para manter o equilíbrio biológico do solo, exercendo papel relevante em regiões secas, com grande déficit hídrico. A importância relativa da matéria orgânica do solo na retenção de água depende da textura do solo. Em solos de textura mais arenosa, a retenção de água é mais sensível à quantidade de matéria orgânica do solo, quando comparada à de solos de textura fina. Adicionalmente, a retenção de água a -33 kPa é afetada mais fortemente do que a -1.500 kPa (RAWLS et al., 2003), o que pode estar relacionado ao fato de que o efeito na estruturação desses solos afeta mais a retenção de água a um teor próximo à capacidade de campo que próximo ao ponto de murcha.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização

Os trabalhos foram implantados e conduzidos no período compreendido entre outubro de 2008 a outubro de 2009, em área experimental da Universidade Estadual da Paraíba, no Município de Lagoa Seca, PB, localizada pelas coordenadas geográficas de 7° 15' 18" S e 35° 52' 28" W, altitude de 634 m, com o período de maiores chuvas concentrado entre os meses de abril a julho, precipitação pluviométrica anual média aproximada de 800 mm; temperaturas variando entre 18° e 33°C e umidade relativa do ar em torno de 80 % (EMEPA, 2008).

### 4.2 Caracterização física do solo

O solo que predomina na área de estudo é o NEOSSOLO REGOLITICO EUTRÓFICO, com textura franco - argilo - arenoso e baixo teor de matéria orgânica. Suas características químicas e físico-hídricas se encontram na Tabela 2, conforme análises realizadas pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da UFCG, seguindo a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

Tabela 2: – Características físico-hídricas do solo da área experimental

CARACTERISTICA	VALOR
Argila g.kg <sup>-1</sup>	277,6
Silte g.kg <sup>-1</sup>	87,2
Areia g.kg <sup>-1</sup>	635,2
Classificação textural*	Franco Argilo Arenoso
Densidade	1,38
Densidade das partículas	2,65
Porosidade m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	0,4792
Capacidade de Campo m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	0,1990
Ponto de murcha m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	0,0558
Água disponível para as plantas m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	0,1432

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

#### 4.2.1 – Textura

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

#### 4.2.2 – Densidade do solo e das partículas – Porosidade

Para determinação da densidade do solo utilizou-se o método do cilindro (EMBRAPA, 1997) obtida a partir de amostras de solo indeformadas; para isto, introduziu-se verticalmente no interior do perfil, o amostrador do tipo Uhland; em seguida, com auxílio de uma espátula, removeu-se o excesso de solo, colocou o cilindro com solo no interior de uma cápsula de alumínio. As amostras foram colocadas em estufa a 105° C, até obtenção de peso constante.

Na determinação da densidade de partículas utilizou-se o método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997), caracterizado por apresentar boa precisão e exatidão em relação aos demais métodos disponíveis no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Unidade de Engenharia Agrícola da UFCG.

A porosidade total do solo ( $P_T$ ) foi calculada pela equação de Veihmeyer expressa como  $P_T = \left(1 - \frac{d}{dp}\right) \cdot 100$  (1)

Onde:

d = densidade do solo;

dp = densidade das partículas.

### 4.2.3 - Curva de retenção de água

A curva de retenção de água do solo foi obtida a partir de determinações realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da UFCG, utilizando o extrator de Richards, obtendo-se o conteúdo volumétrico  $\theta$  ( $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ) com relação às tensões pré-estabelecidas em Kpa (0, 10, 33, 100, 300, 500, 1000 e 1500); em seguida, a curva foi ajustada de acordo com a metodologia proposta por van Genuchten (LIBARDI, 2000), processada através do software RETC (*Retencion Curve, version 6.0 - USDA*).

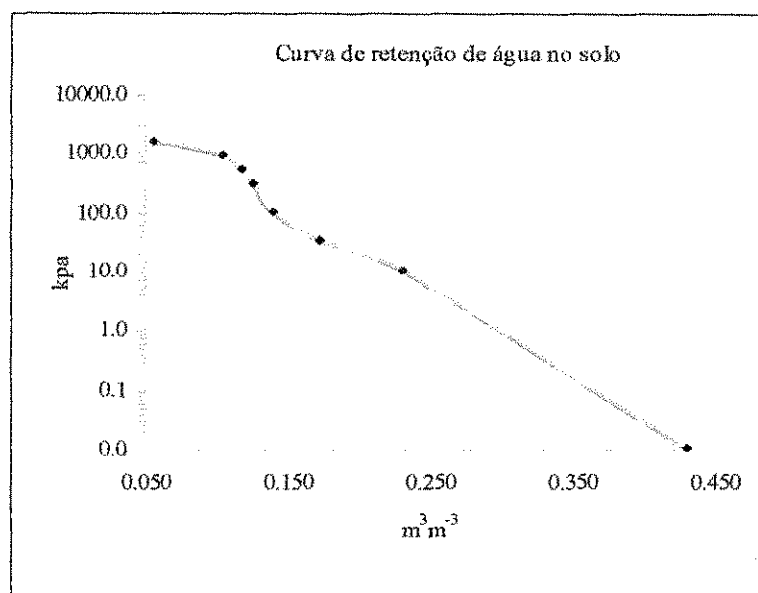


Figura 1. Curva de retenção de água do solo

### 4.3 Cultivar

A cultivar estudada foi a BRS 188 (Paraguaçu) que apresenta altura média de 1,60m, caule de coloração roxa, com cera, racemo oval, frutos semideiscentes e suas sementes de coloração preta. O período entre a emergência da plântula e a floração do primeiro racemo é de 54 dias em média, o peso médio de 100 sementes é de 71,0 g, com teor médio de óleo na semente de 47,72% e produtividade média, sem adubação, de 1500 kg/ha, nas condições semiáridas, em anos normais com precipitação pluvial de 750 mm (EMBRAPA, 2001).

#### 4.4 Delineamento estatístico e tratamentos

Os tratamentos testados foram:

Dois níveis de matéria orgânica no solo:

(MO<sub>1</sub>): 5,0 g.kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica no solo (Residual);

(MO<sub>2</sub>): 25,0 g.kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica no solo (Incorporado).

Quatro níveis de água do solo:

Lâmina 1 (L<sub>1</sub>): 70% da água disponível no solo para as plantas;

Lâmina 2 (L<sub>2</sub>): 80% da água disponível no solo para as plantas;

Lâmina 3 (L<sub>3</sub>): 90% da água disponível no solo para as plantas;

Lâmina 4 (L<sub>4</sub>): 100% da água disponível no solo para as plantas.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, no esquema fatorial 2 x 4, constituído pelos dois níveis de matéria orgânica e quatro níveis de água disponível, distribuídos em 3 blocos. Os dados foram analisados estatisticamente através da análise de variância (ANAVA), do teste de Tukey, para comparação das médias dos tratamentos e análise de regressão para o fator quantitativo água disponível, de acordo com Ferreira (2000).

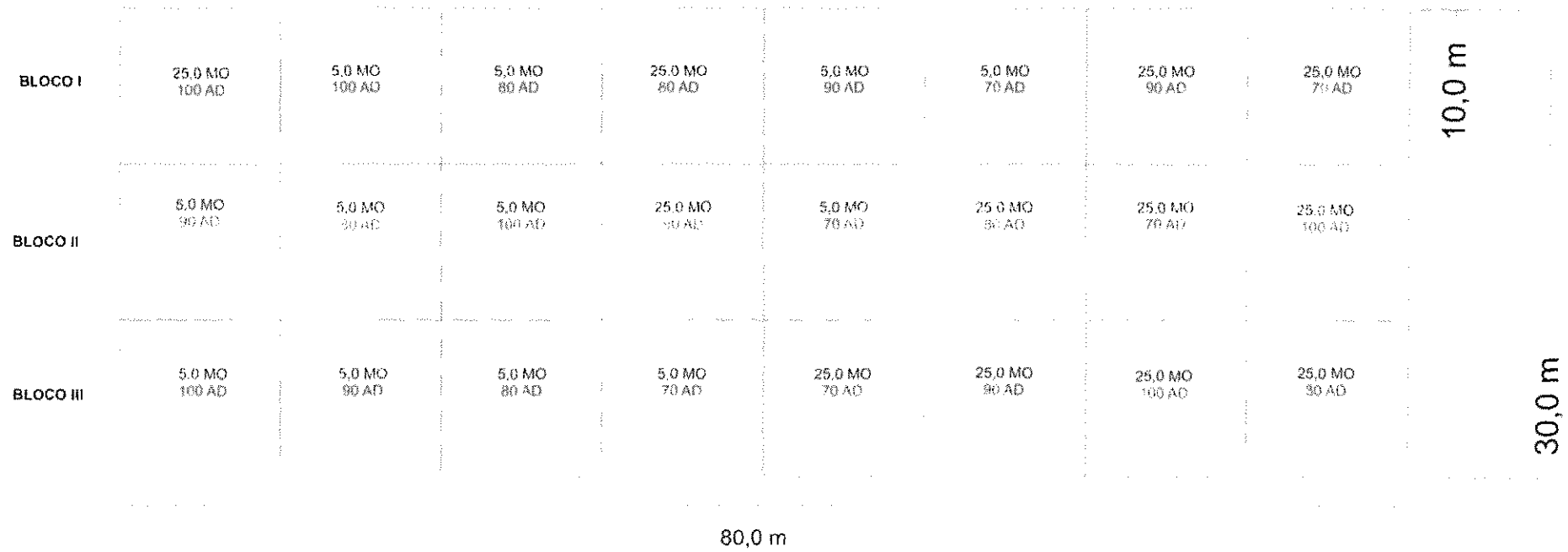
A combinação entre os fatores matéria orgânica (MO) e água disponível (AD) no solo resultou em 8 tratamentos dispostos em três blocos. Desta forma, o experimento totalizou vinte e quatro parcelas, cada parcela experimental constituída por uma área útil de 100,0 m<sup>2</sup>, onde foram cultivadas 50 plantas espaçadas a 2,0 m x 1,0 m, contendo 24 plantas úteis e 26 de bordadura, totalizando uma área de 0,24 ha. O ensaio experimental foi conduzido por dois ciclos consecutivos, cada um de 180 dias sob condições de campo, com o segundo ciclo iniciado com o rebrote obtido a partir da poda drástica da mamoneira. A Figura 2 apresenta um croqui da área experimental com disposição e medidas das parcelas – tratamentos.

A escolha das lâminas baseou-se nos estudos realizados anteriormente em ambiente protegido nas dependências da UFCG com esta mesma cultivar (LACERDA, 2006; BARROS JÚNIOR, 2007).

O tratamento de  $5,0 \text{ g.kg}^{-1}$  de matéria orgânica correspondeu ao teor de matéria orgânica presente no solo da área experimental e que predomina na região; já o tratamento correspondente a  $25,0 \text{ g.kg}^{-1}$  foi obtido adicionando-se a cada cova,  $42,0 \text{ kg}$  de esterco de gado, com teor de  $23,23\%$  de matéria orgânica e  $51,0\%$  de umidade, expressos em relação à percentagem de matéria secada a  $65^\circ\text{C}$ , de forma a elevar este componente no solo para uma faixa de disponibilidade caracterizada como média, considerada como a ideal mínima ideal para a maioria dos solos da região semiárida brasileira.



## LAY-OUT DA ÁREA EXPERIMENTAL



## Legenda:

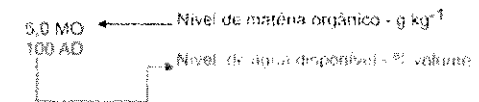


Figura 2: Croqui da área experimental com a disposição das parcelas experimentais no campo

#### 4.5 Instalação e condução do experimento

O preparo do solo da área experimental foi realizado através de uma grade aradora de 16 discos e um arado de 3 discos fixos, iniciando-se em 19 de junho e se estendendo até o dia 08 de julho de 2008, em decorrência das interrupções causadas pelas fortes chuvas caídas na região e que dificultavam o trabalho mecanizado do solo.

Neste período foram coletadas amostras compostas na profundidade de 0 a 20 cm, de forma a determinar as características químicas preliminares necessárias para subsidiar as prováveis correções de acidez. A partir dos resultados, constatou a necessidade de correção da acidez do solo cujo pH encontrado se manteve baixo, em torno de 4,40 procedendo-se, em seguida à correção com a aplicação de calcário dolomítico, de forma a elevar o pH para a faixa entre 6,0 e 7,0, considerada adequada para o desenvolvimento desta espécie vegetal. A Tabela 3 apresenta as características químicas do solo após a calagem. A operação de calagem foi realizada entre os dias 15 e 17 de julho de 2008, permanecendo o solo incubado para reação do calcário durante aproximadamente 90 dias, período no qual foi instalado o sistema de adução e irrigação que abasteceu a área.

Após o período de incubação do calcário adicionou-se ao solo, esterco bovino nas parcelas correspondentes aos tratamentos de 25,0 g.kg<sup>-1</sup>; em seguida, o mesmo foi incorporado ao solo através de uma gradagem com enxadas rotativas.

Tabela 3. Atributos químicos do solo do experimento, após correções da acidez.

CARACTERISTICA	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
Cálcio (cmol <sub>c</sub> . kg <sup>-1</sup> )	2,37	3,23	3,61
Magnésio (cmol <sub>c</sub> . kg <sup>-1</sup> )	1,94	2,65	2,74
Sódio (cmol <sub>c</sub> . kg <sup>-1</sup> )	0,03	0,03	0,04
Potássio (cmol <sub>c</sub> . kg <sup>-1</sup> )	0,12	0,18	0,19
Soma de Bases (cmol <sub>c</sub> . kg <sup>-1</sup> )	4,46	6,09	6,58
Hidrogênio (cmol <sub>c</sub> . kg <sup>-1</sup> )	1,42	1,91	1,18
Alumínio (cmol <sub>c</sub> . kg <sup>-1</sup> )	0,20	0,20	0,00
CTC (cmol <sub>c</sub> . kg <sup>-1</sup> )	6,08	8,20	7,76
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausência	Ausência	Ausência
Carbono Orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	2,90	3,00	2,80
Matéria Orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	4,90	5,10	4,80
Nitrogênio (g kg <sup>-1</sup> )	0,29	0,30	0,28
Fósforo Assimilável (mg dm <sup>-3</sup> )	53,0	53,9	55,2
pH em água (1:2,5)	6,76	6,43	6,34
Condutividade Elétrica (mmhos cm <sup>-1</sup> )	0,09	0,14	0,14
<b>Extrato de saturação</b>			
pH	6,38	6,17	6,19
Condutividade Elétrica (mmhos cm <sup>-1</sup> )	0,48	0,41	0,47
Cloreto (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	32,5	22,5	27,5
Carbonato (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	15,0	19,0	20,0
Sulfatos (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	Ausência	Ausência	Ausência
Cálcio (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	6,20	7,50	7,50
Magnésio (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	15,0	12,50	22,50
Potássio (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	4,00	3,70	4,50
Sódio (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	16,4	21,0	14,50
Porcentagem de Saturação de Bases	22,66	22,66	22,66
Relação de Adsorção de sódio	1,61	2,10	1,19
Porcentagem de Sódio Trocável	0,55	0,26	0,41
Classificação de Salinidade	Não salino	Não salino	Não salino
Classe de solo	Normal	Normal	Normal

O plantio foi realizado no dia 28 de outubro de 2008 em curvas de nível do terreno e a profundidade da semeadura variou de 2 a 3 cm, sendo lançadas na operação de semeio quatro sementes por cova. Para a irrigação das plantas utilizou-se um sistema de irrigação localizado composto por um conjunto eletrobomba e tubulação, através do qual se realizaram a captação e a condução da água pressurizada até a área experimental. As parcelas experimentais foram irrigadas por meio de linhas gotejadoras, constando de uma linha lateral por linha de plantio espaçada a cada 2,0m e emissores de 1,5 l/h distanciados a 0,20m, proporcionando uma faixa molhada de irrigação contínua com

largura de 0,6m por linha de planta. Cada um dos tratamentos teve um sistema de distribuição de água independente. As aplicações foram diferenciadas pelo do tempo de aplicação, utilizando-se registros.

A água utilizada para irrigação foi proveniente de um reservatório localizado no centro das áreas experimentais da Universidade Estadual da Paraíba no Município de Lagoa Seca (Tabela 4) e analisada quimicamente pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), segundo metodologia recomendada pela EMBRAPA (1997).

Tabela 4. Características da água de irrigação da fazenda experimental

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

As irrigações foram realizadas quando o conteúdo de água do solo atingiu os valores abaixo dos níveis pré-estabelecidos pelos respectivos tratamentos (70, 80, 90 e 100 % da água disponível), monitorado a cada dois dias, utilizando-se uma sonda de TDR segmentada, modelo HH2 PR1/6 de marca DELTA-T DEVICES inserida no solo, através de 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, e se baseou na equação a seguir (GOMES, 1999).

$$AD = \frac{(CC - PMP)}{100} \times d \cdot Y \cdot Z \quad (2)$$

em que:

AD - água disponível em cm;

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

PM – umidade correspondente ao ponto de murcha (base peso seco);

d – densidade do solo;

y – déficit hídrico estipulado (0 – 1);

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

Os valores do conteúdo de água do solo 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, assim, o volume total a ser repostado.

Aos vinte dias após a sementeira (20 DAS), foi realizado um desbaste, deixando-se apenas as duas plantas mais vigorosas por cova, e um segundo aos 30 DAS; a partir dos 60 DAS, coletou-se uma planta por parcela para análise do desempenho de crescimento, desenvolvimento e fitomassa do cultivar, procedendo-se 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 2º ciclo de cultivo; trinta dias após a poda, novas determinações voltaram a ser realizadas para esses mesmos parâmetros de crescimento e desenvolvimento.

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

## 4.6 Variáveis analisadas

### 4.6.1- Altura de planta (AP)

A altura da planta foi mensurada do colo à base da folha mais nova. As medições do diâmetro do caule foram realizadas através do uso de uma trena, com as leituras efetuadas na região do colo de cada planta. As determinações das variáveis foram realizadas aos 60, 90, 120, 150 e 180 dias após a semeadura (DAS).

### 4.6.2 - Diâmetro do caule (DC)

Medições do diâmetro do caule foram realizadas através de paquímetro, com as leituras efetuadas na região do colo de cada planta, nos mesmos períodos estabelecidos para mensuração da altura de plantas (AP).

### 4.6.3 - Área foliar (AF)

Na determinação da área foliar (AF) foram consideraram-se todas as folhas que apresentaram comprimento mínimo de 3,0 cm, com leituras sendo realizadas a partir dos 60 DAS em intervalos de 30 dias até os 180 (DAS).

O cálculo da área foliar (AF) foi realizado de acordo com a metodologia proposta por Wendt (1967), cuja fórmula é descrita a seguir:

$$\sum_1^n \text{LOG}(Y) = -0,346 + [2,152 * \text{LOG}(X)] \quad (3)$$

Onde:

(Y) = área foliar (cm<sup>2</sup>)

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

#### **4.6.4 - Fitomassa da parte aérea**

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

#### **4.6.5 - Razão de área foliar (RAF)**

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

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

em que:

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

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

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

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

#### **4.6.7 Produtividade média de frutos**

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

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

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

#### **4.6.9 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 cm<sup>3</sup> e um tempo de integração de 20 segundos, de acordo com a metodologia proposta pela Oxford Instruments (1995).

A análise do teor de óleo da semente foi realizada nos laboratórios da EMBRAPA – CNPA em Campina Grande, PB.

#### **4.6.10 - Volume de água aplicado e eficiência do uso de água**

Foram computadas as quantidades de água aplicada às plantas, obtidas em função das leituras realizadas através do TDR e processadas a partir de uma planilha do Microsoft Excel, na qual se obtiveram o volume de água necessário 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 o volume cumulativo, de forma que a eficiência do consumo foi determinada pela relação entre o peso da fitomassa e o volume efetivamente aplicado de água em cada tratamento.



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 PRIMEIRO CICLO

#### 5.1.1 Altura da planta

Os resultados das análises de variância (ANAVA) dos dados referentes à altura da planta são apresentados na Tabela 5. Verifica-se diferença significativa entre tratamentos referentes à adição de matéria orgânica no solo em todo o ciclo da cultura, com diferença significativa ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) para os 60 DAS e ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) a partir dos 90 DAS até o final do ciclo. A altura das plantas cultivadas em solo com teor de  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O apresentou-se superior às que foram submetidas a  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O, em todo o período analisado.

PRIMO et al. (2010), em trabalho realizado em condições de casa de vegetação utilizando um Latossolo Amarelo, submeteram a mamoneira a diferentes fontes de adubação orgânica (torta de mamona, torta de pinhão manso e esterco bovino) e obtiveram maior resposta para a altura da planta para o tratamento à referente à adubação a base de esterco bovino.

No que se refere aos diferentes níveis de água disponível no solo para as plantas constatou-se que ocorreu diferença significativa ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ), com exceção dos dados colhidos aos 60 e 180 DAS, que apresentaram diferença significativa ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ), com elevada superioridade do tratamento cujo solo foi mantido no nível de 100% de água disponível.

A altura média das plantas conduzidas sem estresse hídrico no último período de avaliação do experimento (180 DAS) foi de 228,3 cm e 260,3 cm para o solo com teor de matéria orgânica de  $5,0$  e  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente, resultados esses superiores aos obtidos por Barros Junior (2007) que em um experimento com as cultivares Nordestina e Paraguaçu em casa de vegetação, encontrou altura de 128,0 cm, em plantas sem estresse hídrico.

Tabela 5. Resumo das análises de variância referente à altura da planta até os 180 DAS da cultivar BRS 188 – Paraguaçu. – Lagoa Seca. PB, 2008.

Fonte de variação		Altura									
		Quadrado médio									
GL		60 DAS	90 DAS	120 DAS	150 DAS	180 DAS					
MO	1	876,04 *	5481,30 **	8550,37 **	9480,37 **	10710,37 **					
AD	3	627,70 *	3494,65 **	6278,93 **	6623,85 **	5467,71 *					
Interação	3	31,70 <sup>ns</sup>	83,58 <sup>ns</sup>	572,15 <sup>ns</sup>	524,33 <sup>ns</sup>	114,15 <sup>ns</sup>					
Blocos	2	34,04 <sup>ns</sup>	342,49 <sup>ns</sup>	60,67 <sup>ns</sup>	1075,00 <sup>ns</sup>	870,04 <sup>ns</sup>					
Resíduo	14	189,75	579,02	502,14	575,47	1229,14					
CV %		19,06	17,82	12,80	10,20	12,81					
(AD)		MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2
Reg. Pol. Linear		534,01**	1306,66 *	3697,35*	6735,24 **	5841,06 *	12877,31**	5432,11 *	15717,2**	7260,00*	8472,81*
Reg. Pol. Quad		52,08 <sup>ns</sup>	75,00 <sup>ns</sup>	36,75 <sup>ns</sup>	27,90	3,00 <sup>ns</sup>	1140,75 <sup>ns</sup>	36,40 <sup>ns</sup>	11,40 <sup>ns</sup>	768,00 <sup>ns</sup>	80,08 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		8,81 <sup>ns</sup>	1,67 <sup>ns</sup>	190,81 <sup>ns</sup>	46,64	4,26 <sup>ns</sup>	686,81 <sup>ns</sup>	225,48 <sup>ns</sup>	21,96 <sup>ns</sup>	26,67 <sup>ns</sup>	138,01 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Residuo		184,97	228,02	400,63	280,10	622,36	530,80	540,14	661,65	777,47	1952,47
<b>Altura (cm)</b>											
5,0 g kg <sup>-1</sup> MO		66,250 b	119,917 b	156,167 b	211,108 b	252,667 b					
25,0 g kg <sup>-1</sup> MO		78,333 a	150,142 a	193,917 a	250,858 a	294,912 a					
DMS		12,061	21,069	19,621	20,636	30,697					

GL - grau de liberdade; MO - matéria orgânica; AD - água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS - diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

As análises de regressões para os diferentes níveis de água disponível, apresentadas na Figura 3, permitem constatar a tendência de crescimento linear na altura das plantas, em todas as épocas. Nota-se que o aumento, além de linear em todas as épocas de coleta dos dados, também evoluiu de forma crescente com o avanço do ciclo, variando de 0,59 a 2,20 cm na altura da planta por aumento unitário do percentual de água no solo entre os 60 e 180 DAS, para o tratamento com 5,0 g.kg<sup>-1</sup> de M.O; enquanto para a condição de 25,0 g.kg<sup>-1</sup> de M.O o aumento unitário da altura da planta variou de 0,93 a 2,50 cm entre os 60 e 180 DAS.

Os resultados são semelhantes aos obtidos por Lacerda (2006) que submeteu a mesma cultivar de mamona à deficiência hídrica, observando então que plantas mantidas a níveis de 80% e 70% de água disponível apresentaram crescimento reduzido cuja variação na altura da planta foi de 0,08 a 1,23 cm por aumento unitário de água disponível dos 20 aos 120 DAS; esta tendência também foi constatada por Rodrigues et al., (2006 a), ao testarem diferentes níveis de reposição de água (60, 75, 90, 105 e 120% da Evapotranspiração) para esta mesma cultivar de mamona, principalmente a partir dos 90 dias após semeio.

O déficit de água no solo reduz a expansão celular e o crescimento das plantas (WRIGHT e NAGESWARA RAO, 1994). Muitos dos processos fisiológicos são afetados pelo déficit hídrico e, como o crescimento é controlado pela divisão celular, seguido de sua expansão, uma quantidade de água insuficiente mantendo células das zonas de crescimento em condições de flacidez, reduz o coeficiente de divisão celular e, mais ainda, a expansão de todas as células impedindo, desta forma, assim o crescimento vegetativo das plantas (HSIAO, 1973).

A queda na taxa de crescimento tem relações com fatores complexos, principalmente na natureza, em que flutuações irregulares na curva de crescimento são superpostas por flutuações ambientais que, além do suprimento de água, se encontram ligadas ainda à disponibilidade de luz e temperatura, entre outros (FELIPPE, 1979). Para Larcher (2000), paralisações no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo ocorrem pela canalização da energia e de materiais destinados à floração e frutificação que, por sua vez, se originam no processo fotossintético, na incorporação de substâncias minerais e na mobilização de reservas visando à formação e enchimento dos frutos.

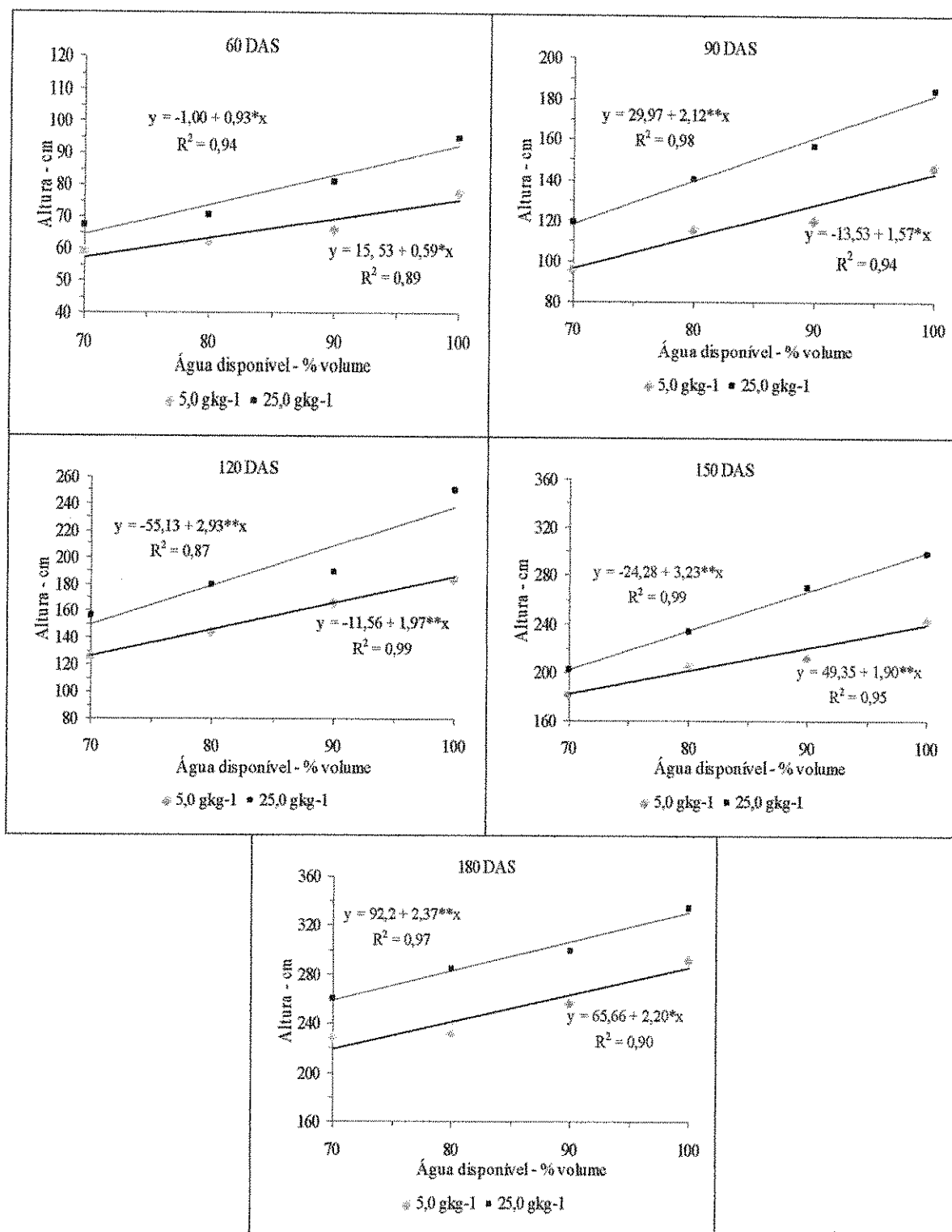


Figura 3. Altura da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e da água disponível do solo.

### 5.1.2 Diâmetro do caule

O diâmetro do caule (DC) foi mensurado a cada 30 dias a partir dos 60 DAS, realizando-se 05 medições durante todo o ciclo da cultura, com os dados submetidos à análise estatística cujo resumo das análises de variância (ANAVA) se encontra na Tabela 6. Observa-se que ocorreram diferenças significativas ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) entre níveis de matéria orgânica do solo durante todo o período de avaliação. As plantas cultivadas no solo com  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O apresentaram diâmetro do caule superior ao das que foram conduzidas no solo com  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O, em todas as etapas de avaliação.

Diversos autores têm demonstrado que a adição, ao solo, de resíduos culturais, esterco e compostos orgânicos melhora a fertilidade do solo não apenas pelo simples fornecimento de matéria orgânica e nutrientes mas também pelo aumento do pH e decréscimo na concentração de alumínio tóxico (OLIVEIRA et al., 2002; MOLOKOBATE e HAYNES, 2003; HUE, 1992). Ferreira et al. (2004), demonstraram que a cultura da mamona responde mais vigorosamente à adubação orgânica que a mineral em solos arenosos.

Para o fator água disponível no solo, ocorreram diferenças significativas ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) dos 60 a 120 DAS e ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) aos 150 e 180 DAS. Os tratamentos mantidos a 100% AD aos 180 DAS, apresentaram diâmetro médio do caule de 72,3 mm e 79,2 mm quando conduzidas em solo com  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O e  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O, respectivamente; verifica-se também que, ao final do ciclo, esses tratamentos apresentaram diâmetros cerca de 1,47 vez superior aos diâmetros de cujas plantas foram mantidos a 70 % AD.

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

As análises, das regressões também apresentadas na Tabela 6, e seus respectivos gráficos (Figura 4), permitem constatar a tendência de crescimento linear no diâmetro do caule das plantas em todas as épocas. Observa-se 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 de água no solo em volume dos 60 DAS aos 180 DAS na condição de 5,0 g kg<sup>-1</sup> de M.O, enquanto para a condição de 25,0 g kg<sup>-1</sup> de M.O, a variação se manteve na faixa de 0,35 a 0,81 mm, entre os 60 e os 180 DAS, respectivamente.

Os resultados obtidos ultrapassam os resultados obtidos por Nascimento (2003) que, mantendo plantas da cultivar de mamona Nordestina (BRS 149) irrigadas sem estresse hídrico por 250 dias, obteve um diâmetro de caule de apenas 18 mm, valor este obtido neste ensaio aos 60 DAS, na condição de 70% de AD; entretanto, Severino et al., (2004 b), avaliando os benefícios da técnica de cultivo bi-anual, também com a cultivar Nordestina obtiveram, através de medições na base do caule, aos 170 dias após o plantio, com plantas adubadas e também sem estresse hídrico, um diâmetro caulinar médio de 43 mm, porém este valor só representa cerca de 45,0 % do diâmetro obtido neste trabalho aos 180 DAS (79,2 mm), para as plantas conduzidas sem escassez de água no solo.

Tabela 6. Resumo das análises de variância referente ao diâmetro do caule até os 180 DAS da cultivar BRS 188 – Paraguaçu – Lagoa Seca, PB, 2008

Fonte de variação		Diâmetro									
		Quadrado médio									
GL		60 DAS	90 DAS	120 DAS	150 DAS	180 DAS					
MO	1	77,76 *	96,00 *	166,42 *	127,51 *	383,20 *					
AD	3	111,86 *	163,75 *	240,52 *	297,51 **	630,35 **					
Interação	3	4,76 <sup>ns</sup>	10,13 <sup>ns</sup>	12,75 <sup>ns</sup>	11,48 <sup>ns</sup>	12,00 <sup>ns</sup>					
Blocos	2	2,82 <sup>ns</sup>	82,46 <sup>ns</sup>	11,21 <sup>ns</sup>	4,79 <sup>ns</sup>	5,05 <sup>ns</sup>					
Resíduo	14	14,29	23,03	33,41	37,36	80,53					
CV %		19,14	15,17	14,15	12,00	14,44					
(AD)		MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2
Rcg. Pol. Linear		145,39*	186,56*	150,10*	359,66**	228,93**	508,08*	546,01**	355,26*	820,66*	989,01*
Reg. Pol. Quad		5,33 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	3,52 <sup>ns</sup>	1,92 <sup>ns</sup>	5,60 <sup>ns</sup>	7,05 <sup>ns</sup>	14,96 <sup>ns</sup>	77,52 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,77 <sup>ns</sup>	11,61 <sup>ns</sup>	7,56 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	14,80 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	5,40 <sup>ns</sup>	13,38 <sup>ns</sup>	21,84 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo		15,24	16,31	29,80	23,15	15,90	58,79	31,18	48,94	70,96	115,77
Diâmetro (mm)											
5,0 g kg <sup>-1</sup> MO		17,95 b	29,62 b	38,21 b	48,62 b	58,15 b					
25,0 g kg <sup>-1</sup> MO		21,55 a	33,62 a	43,48 a	53,24 a	66,15 a					
DMS		3,31	4,20	5,06	5,35	7,85					

GL - grau de liberdade; MO - matéria orgânica; AD - água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS - diferença mínima signifi. ficativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

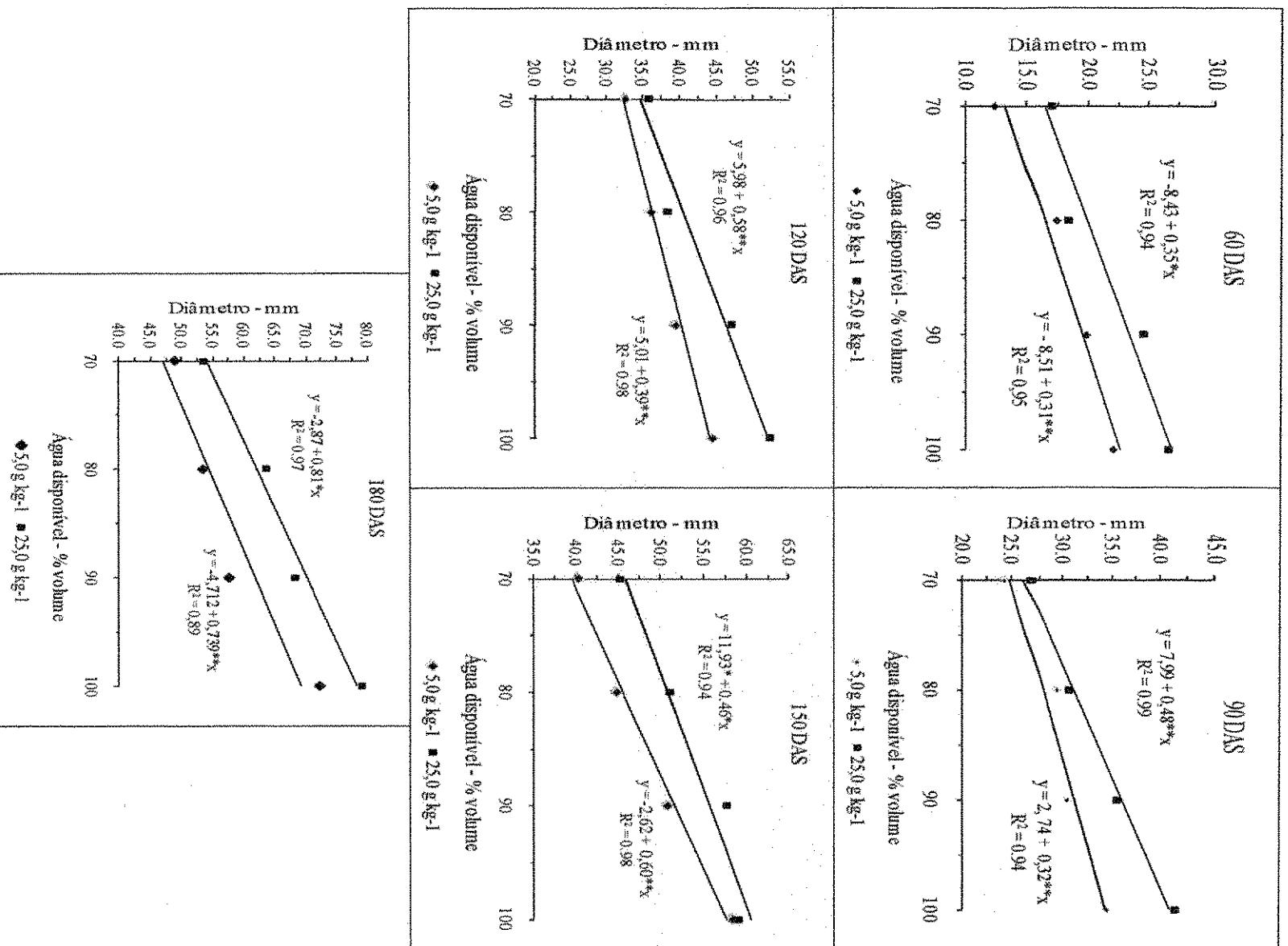


Figura 4. Diâmetro do caule da mamoneira BRS 188 – Paraguagu em função da matéria orgânica e água disponível do solo



### 5.1.3 Área foliar

Constata-se através da Tabela 7, constata-se que a área foliar da mamoneira teve influência significativa ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) durante o ciclo da cultura para os diferentes teores de matéria orgânica no solo, cujas plantas conduzidas ao maior nível, correspondente a  $25,0 \text{ g.kg}^{-1}$  de matéria orgânica, se sobrepueram às aquelas cultivadas em solo a  $5,0 \text{ g.kg}^{-1}$  de matéria orgânica. Com relação ao fator água disponível, o efeito foi significativo ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) para todo o ciclo, observando-se superioridade do tratamento cujo conteúdo de água foi mantido na capacidade de campo (100% AD) em relação aos demais tratamentos (70, 80 e 90 % de AD).

Segundo Silva Filho e Silva (2002), as principais funções das substâncias húmicas no solo são: redução da densidade aparente, aumento da agregação das partículas, aumento da CTC, aumento da capacidade de retenção de água, complexação e quelatização com cátions polivalentes, mineralização e atuação na biologia do solo. Os autores afirmam que as substâncias húmicas estimulam a absorção mineral das plantas, o desenvolvimento radicular, os processos metabólicos e a atividade respiratória, o crescimento celular, têm ação fitohormonal (sobre as auxinas), ação sobre a fotossíntese da clorofila, conteúdo e distribuição de açúcares e sobre a manutenção da produção.

Verifica-se, aos 180 DAS que os tratamentos submetidos a  $25,0 \text{ g.kg}^{-1}$  de matéria orgânica e ao maior nível de água disponível (100 % AD) tiveram sua área foliar superior em 108,0, 40,6 e 21,2% aos tratamentos mantidos a 70, 80 e 90% de AD, respectivamente; para o tratamento mantido a  $5,0 \text{ g.kg}^{-1}$  de matéria orgânica e ao maior nível de água disponível; esta tendência também foi observada em que os valores foram de 94,9, 50,0 e 9,0% superiores aos mantidos a 70, 80 e 90% de AD, respectivamente; referidos valores demonstram que a cultivar estudada apresenta comportamento semelhante para qualquer fase, quando submetida a diferentes níveis de água disponível e matéria orgânica no solo.

Tabela 7. Resumo das análises de variância referente à variável área foliar, até os 180 DAS da cultivar BRS 188 – Paraguaçu – Lagoa Seca. PB, 2008

Fonte de variação		Área Foliar									
		Quadrado médio									
GL		60 DAS	90 DAS	120 DAS	150 DAS	180 DAS					
MO	1	0,38 **	0,65 **	3,92 **	6,68**	9,22 **					
AD	3	0,35 **	0,64 **	9,64 **	11,29 **	14,17 **					
Interação	3	0,02 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>					
Blocos	2	0,0003 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>					
Resíduo	14	0,014	0,06	0,33	0,21	0,82					
CV %		20,02	13,77	11,97	10,30	16,85					
(AD)		MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2
Reg. Pol. Linear		0,363**	0,734**	1,019**	0,890**	13,113**	14,396**	13,661**	19,929**	16,506**	26,321**
Reg. Pol. Quad		0,002 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,032 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,016 <sup>ns</sup>	0,126 <sup>ns</sup>	0,064 <sup>ns</sup>	0,138 <sup>ns</sup>	0,136 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,008 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	0,017 <sup>ns</sup>	0,651 <sup>ns</sup>	0,741 <sup>ns</sup>	0,598 <sup>ns</sup>	0,021 <sup>ns</sup>	0,401 <sup>ns</sup>	0,319 <sup>ns</sup>
Desvio		0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>
Resíduo		0,006	0,017	0,065	0,057	0,229	0,480	0,314	0,310	0,279	1,006
Área foliar (m <sup>2</sup> )											
5,0 g kg <sup>-1</sup> MO		0,472 b	1,628 b	4,364 b	4,552 b	4,743 b					
25,0 g kg <sup>-1</sup> MO		0,726 a	1,957 a	5,172 a	5,576 a	5,982 a					
DMS		0,104	0,216	0,500	0,455	0,791					

GL - grau de liberdade; MO – matéria orgânica; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS – diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

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

Na Figura 5 são mostradas as regressões para a área foliar; verifica-se que o comportamento linear cresce a medida que se elevou o conteúdo de água disponível do solo durante todo o ciclo da cultura. O aumento da área foliar também evolui de forma crescente; com o avanço do ciclo da cultura, a área foliar aos 180 DAS atingiu valores de 6,12 m<sup>2</sup> e 7,94 m<sup>2</sup> para a condição sem estresse hídrico (100% AD) nos solos cujo teor de matéria orgânica foi mantido a 5,0 g.kg<sup>-1</sup> e 25,0 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. O aumento unitário da área foliar variou de 0,015 a 0,105 m<sup>2</sup> à medida em que se elevou o percentual unitário de água no solo na condição de 5,0 g kg<sup>-1</sup> de M.O, e de 0,02 a 0,13 m<sup>2</sup> para o solo com teor de matéria orgânica de 25,0 g kg<sup>-1</sup> dos 60 aos 180 DAS, respectivamente.

Esses resultados também divergem dos obtidos por Coelho (2006), para a época de avaliação (140 DAS), em ambiente protegido, que conduzindo plantas da cultivar Nordestina sem estresse hídrico, obteve uma área foliar de 1,76 m<sup>2</sup>, e de Rodrigues et al. (2006 b), que obtiveram área foliar média aos 136 DAS de 1,75 m<sup>2</sup> para esta mesma cultivar irrigada com lâmina equivalente à reposição de 1,05% da ETC.

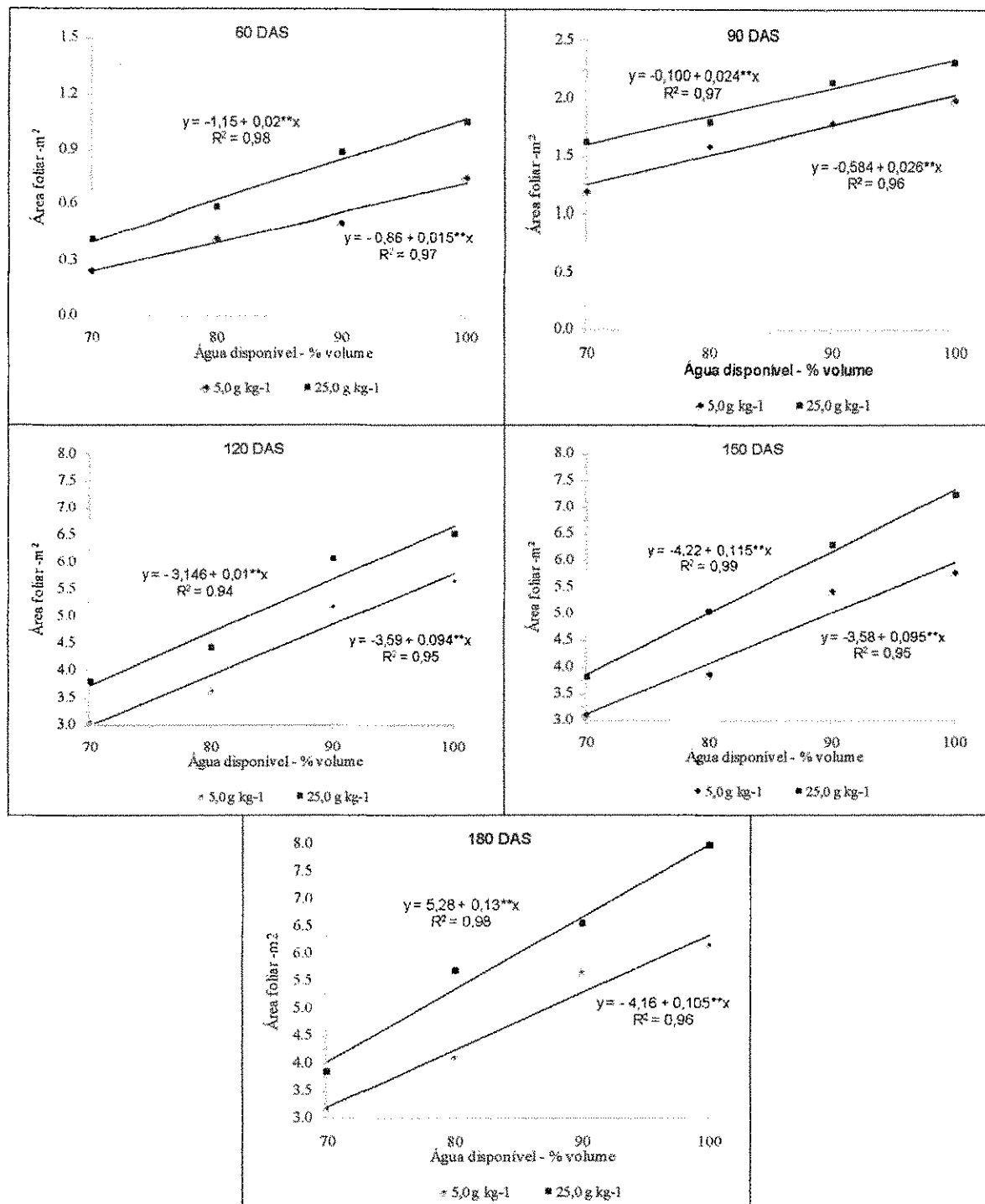


Figura 5. Área foliar da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu em função da matéria orgânica e água disponível do solo

A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico, segundo McCree e Fernández (1989) e Taiz & Zeiger (1998), consiste no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas. Quando as plantas são expostas a situações de déficit hídrico exibem, frequentemente, respostas fisiológicas que resultam, de modo indireto, na conservação

da água no solo, como se estivessem economizando para períodos posteriores (SANTOS e CARLESO, 1998).

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

#### 5.1.4 Fitomassa

Na Tabela 8 se apresentam os resultados das análises de variância (ANAVA) para a fitomassa da parte aérea (FPA) da cultivar de mamona BRS 188 – Paraguaçu, na qual se constata que houve diferença significativa para os níveis de matéria orgânica, a partir dos 90 DAS. As plantas cultivadas no solo com 25,0 g kg<sup>-1</sup> proporcionaram incrementos de fitomassa de 10,37, 14,42, 15,95 e 16,98% superior aos das plantas cultivadas com 5,0 g kg<sup>-1</sup> de MO, aos 90, 120, 150 e 180 DAS, respectivamente.

De acordo com Ribeiro (1995), a adição de material orgânico proporciona maior produção de ácidos orgânicos no solo, e conseqüentemente, melhor fertilidade e sustentabilidade agrícola. A resposta da mamoneira à adição de matéria orgânica é decorrente da disponibilização de elementos essenciais às plantas, tais como nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S). Em relação aos micronutrientes, a formação de complexos essenciais, como compostos orgânicos, reduz a possibilidade de precipitação como óxidos no solo. Desta forma, a complexação de Zn e Cu por ácidos orgânicos de baixo peso molecular aumenta sua disponibilidade às plantas (BAYER e MIELNICZUK, 2008)

A água disponível no solo influenciou significativamente ( $p < 0,01$ ) a produção de fitomassa da mamoneira, observando-se que a fitomassa das plantas na capacidade de campo (100% AD), foi 40,4, 27,9 e 15,7%, superior à fitomassa produzida pelas plantas no solo com 70; 80 e 90% AD, aos 180 DAS, respectivamente.

Barros Júnior (2006), trabalhando com a mesma cultivar de mamona em casa de vegetação até os 180 dias, obteve 348,0% a mais de fitomassa total da parte aérea mais a da raiz, quando manteve, o solo à capacidade de campo (1.393,45 g) comparado com a fitomassa da mesma cultivar submetida a 40% AD (11,15 g), confirmando a tendência dos resultados obtidos no presente ensaio.

Tabela 8. Resumo das análises de variância referente à variável Fitomassa, até os 180 DAS da cultivar BRS 188 – Paraguaçu. Lagoa Seca, PB, 2008

Fonte de variação		Fitomassa								
		Quadrado médio								
GL		60 DAS	90 DAS	120 DAS	150 DAS	180 DAS				
MO	1	1720,59 <sup>ns</sup>	33733,25 *	168186,78 *	373676,70**	660116,17*				
AD	3	12,70**	201098,91 **	315921,59 **	717305,58 **	1289702,36**				
Interação	3	34,39 <sup>ns</sup>	297,66 <sup>ns</sup>	8781,69 <sup>ns</sup>	16665,78 <sup>ns</sup>	30221,43 <sup>ns</sup>				
Blocos	2	46,45 <sup>ns</sup>	9981,97 <sup>ns</sup>	172647,30 <sup>ns</sup>	16665,78 <sup>ns</sup>	93224,28 <sup>ns</sup>				
Resíduo	14	474,51	6299,64	30226,91	28737,63	76212,48				
CV %		12,06	10,43	13,82	10,04	13,03				
(AD)	MO	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	
Reg. Pol. Linear		37953,54**	224869,80**	311950,74**	328363,19**	614306,27**	845773,15**	1318040,42**	1603477,23**	2287189,74**
Reg. Pol. Quad		131,08 <sup>ns</sup>	31,98 <sup>ns</sup>	336,23 <sup>ns</sup>	4281,61 <sup>ns</sup>	20125,28 <sup>ns</sup>	271,41 <sup>ns</sup>	33136,97 <sup>ns</sup>	9679,72 <sup>ns</sup>	49372,40 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		26,72 <sup>ns</sup>	2087,53 <sup>ns</sup>	4913,42 <sup>ns</sup>	6177,49 <sup>ns</sup>	856,01 <sup>ns</sup>	377071 <sup>ns</sup>	922,06 <sup>ns</sup>	1955,10 <sup>ns</sup>	8098,21 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo		474,50	4137,07	10376,17	19099,78	47389,76	6294,32	55758,31	48166,92 <sup>ns</sup>	123306,85
<b>Fitomassa g</b>										
5,0 g kg <sup>-1</sup> MO		172,21 a	723,38 b	1173,98 b	1563,58 b	1953,13 b				
25,0 g kg <sup>-1</sup> MO		189,15 a	798,41 a	1341,40 a	1813,11 a	2284,82 a				
DMS		19,07	69,49	152,23	148,43	241,72				

GL - grau de liberdade; MO – matéria orgânica; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS – diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

Na Figura 6 são visualizadas as regressões para o fator água disponíveis, verifica-se aumento no acúmulo de fitomassa de forma crescente e linear, à medida que se elevaram os níveis de água disponível no solo. O aumento no acúmulo de fitomassa produzida pela cultivar de mamona dos 90 aos 180 DAS variou, respectivamente, de 13,78 a 32,69 g quando se elevou o percentual unitário de água no solo na condição de 5,0 g kg<sup>-1</sup> de M.O e de 14,42 g a 39,04 g na condição de 25,0 g kg<sup>-1</sup> de M.O, respectivamente.

A produção média de fitomassa da parte aérea obtida para o tratamento cujas plantas foram conduzidas em solos mantidos a 100 % de água disponível na condição de 5,0 g kg<sup>-1</sup> de M.O (2.409,45 g) e de 25,0 g kg<sup>-1</sup> de M.O (2.946,3 g) aos 180 DAS apresenta-se muito acima dos resultados obtidos por Silva (2004), que em ausência de estresse hídrico obteve, em 150 dias de cultivo peso médio de 246,72 g de fitomassa total. Coelho (2006), trabalhando com a cultivar Nordestina aos 150 dias, registrou peso médio total de 727,9 g, com todas as plantas irrigadas a um nível de reposição de 1,05 da evapotranspiração da cultura.

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



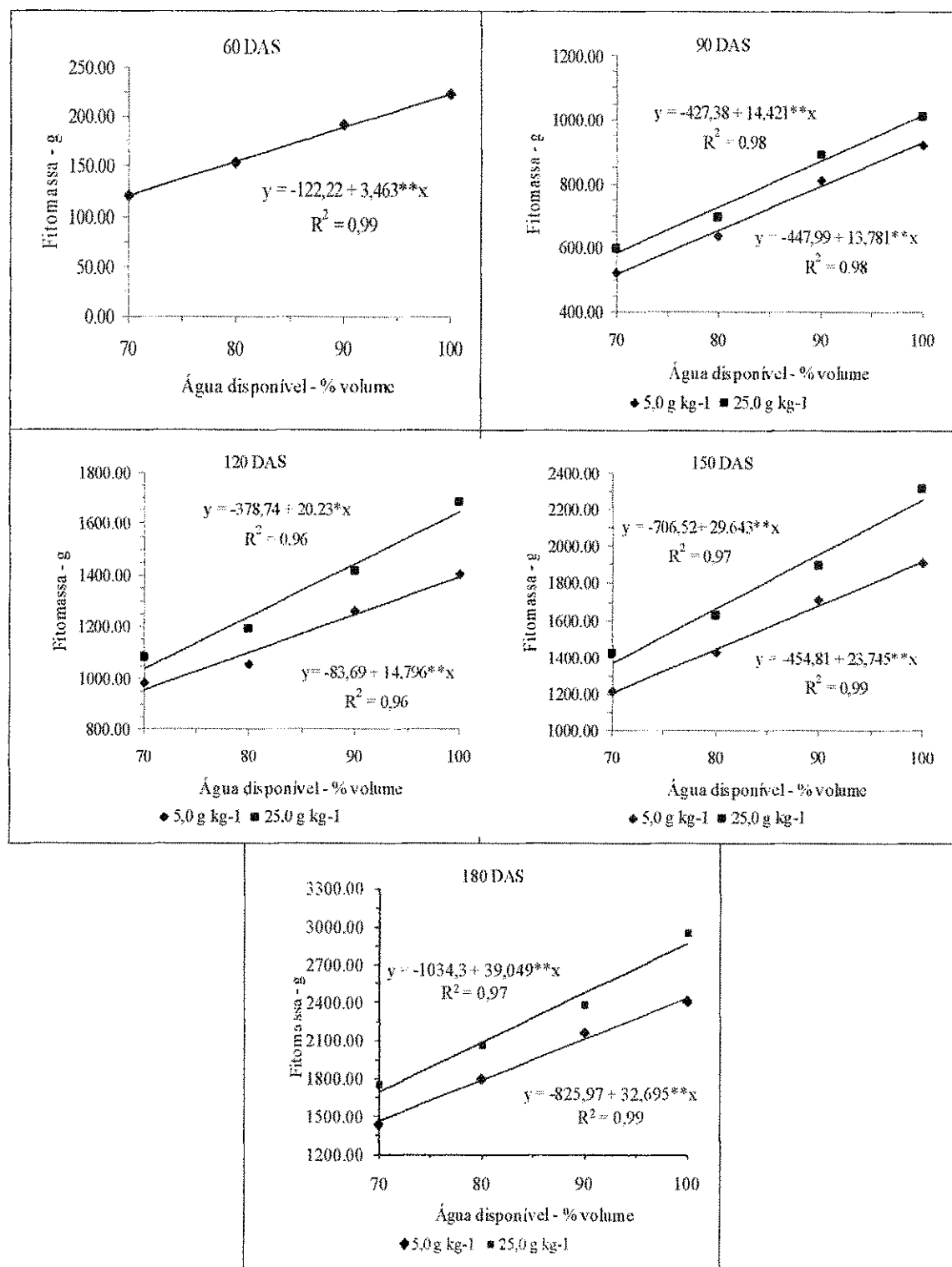


Figura 6. Fitomassa da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu em função da matéria orgânica e água disponível do solo

### 5.1.5 Razão de área foliar - RAF

Os resultados das análises de variância (ANAVA) para a razão de área foliar se encontram na Tabela 9, na qual se verifica influência da matéria orgânica no solo sobre este parâmetro, ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) dos 60 aos 90 DAS. A água disponível no solo promoveu diferença significativa ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) dos 60 aos 90 DAS e ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) dos 120 aos 180 DAS. As plantas submetidas ao maior conteúdo de água do solo (100% da AD) apresentaram as maiores razões de área foliar (Figura 7) demonstrando serem menos eficientes quanto sua capacidade fotossintética, quando comparadas com as que foram submetidas a estresse hídrico, confirmando, assim, o indicado por Benincasa (1988), de que um conteúdo maior de água resulta em maior alocação de assimilados para síntese de folhas, aumento do peso das folhas e, conseqüentemente, aumento da razão de área foliar.

As plantas que foram mantidas à capacidade de campo (100% AD) ao final do ciclo (180 DAS), apresentaram uma razão de área foliar de  $30,07 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , superior à razão de área foliar das plantas que foram submetidas às condições de 90, 80 e 70% da AD e que apresentaram valores de 26,31; 23,97 e  $22,12 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , respectivamente.

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

Tabela 9. Resumo das análises de variância referente à variável Razão de área foliar, até os 180 DAS da cultivar BRS 188 – Paraguaçu. Lagoa Seca. PB, 2008

Fonte de variação		Razão de área foliar – RAF						
		Quadrado médio						
GL		60 DAS	90 DAS	120 DAS	150 DAS	180 DAS		
MO	1	757,23*	56,08 *	42,40 <sup>ns</sup>	30,28 <sup>ns</sup>	11,85 <sup>ns</sup>		
AD	3	159,40 **	49,25 **	89,44*	56,00 *	70,51 *		
Interação	3	12,43 <sup>ns</sup>	3,31 <sup>ns</sup>	2,47 <sup>ns</sup>	1,75 <sup>ns</sup>	36,01 <sup>ns</sup>		
Blocos	2	1,34 <sup>ns</sup>	21,66 <sup>ns</sup>	3,72 <sup>ns</sup>	19,50 <sup>ns</sup>	20,89 <sup>ns</sup>		
Resíduo	14	46,40	8,75	22,49	17,42	20,89		
CV %		21,31	10,35	12,63	13,81	17,85		
(AD)		MO1	MO2	MO	MO	MO	MO	
Reg. Pol. Linear		183,75 **	293,00**	79,74 **	55,64**	256,90 **	158,37 **	205,74 **
Reg. Pol. Quad		9,36 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	19,53 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	4,05 <sup>ns</sup>	5,26 <sup>ns</sup>	5,53 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		8,66 <sup>ns</sup>	20,38 <sup>ns</sup>	2,27 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	7,37 <sup>ns</sup>	4,36 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo		27,64	75,79	6,68	11,18	22,49	17,42	20,89
$\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$								
5,0 g kg <sup>-1</sup> MO		26,34 b	27,07 b	36,22 a	29,10 a	24,91 a		
25,0 g kg <sup>-1</sup> MO		37,58 a	30,12 a	38,87 a	31,35 a	26,32 a		
DMS		5,96	2,59	4,15	3,65	4,00		

GL - grau de liberdade; MO - matéria orgânica; AD - água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS - diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

entretanto, quando o déficit hídrico ocorre gradualmente e/ou no início do ciclo, mais facilmente ocorre a adaptação das plantas (SANTOS e CARLESO, 1998).

A razão de área foliar serve para avaliar a dimensão relativa do órgão assimilador utilizado como parâmetro apropriado nas avaliações dos efeitos genotípicos, de manejo e climáticos das comunidades vegetais, estando relacionada com a matéria seca resultante do processo de fotossíntese. Pequenos valores da razão de área foliar são indicativos de que os produtos fotoassimilados estão sendo melhor aproveitados; por outro lado, a taxa de assimilação líquida expressa o aumento do crescimento por unidade de área foliar em função do tempo e estima a fotossíntese líquida e a magnitude do sistema assimilador envolvido no processo produtivo de matéria seca (FERRI, 1985). A RAF é uma medida relativa do aparelho assimilador, ou seja, ela representa a dimensão relativa do aparelho fotossintético, além de bastante apropriada para a avaliação dos efeitos genotípicos, climáticos e de comunidades vegetais (RODRIGUES, 1982).

Os resultados das regressões para este parâmetro são mostrados na Figura 7; é possível verificar que a RAF aumentou de forma linear crescente quando as plantas foram conduzidas sob diferentes conteúdos de água no solo, apresentando equações de regressão altamente significativas.

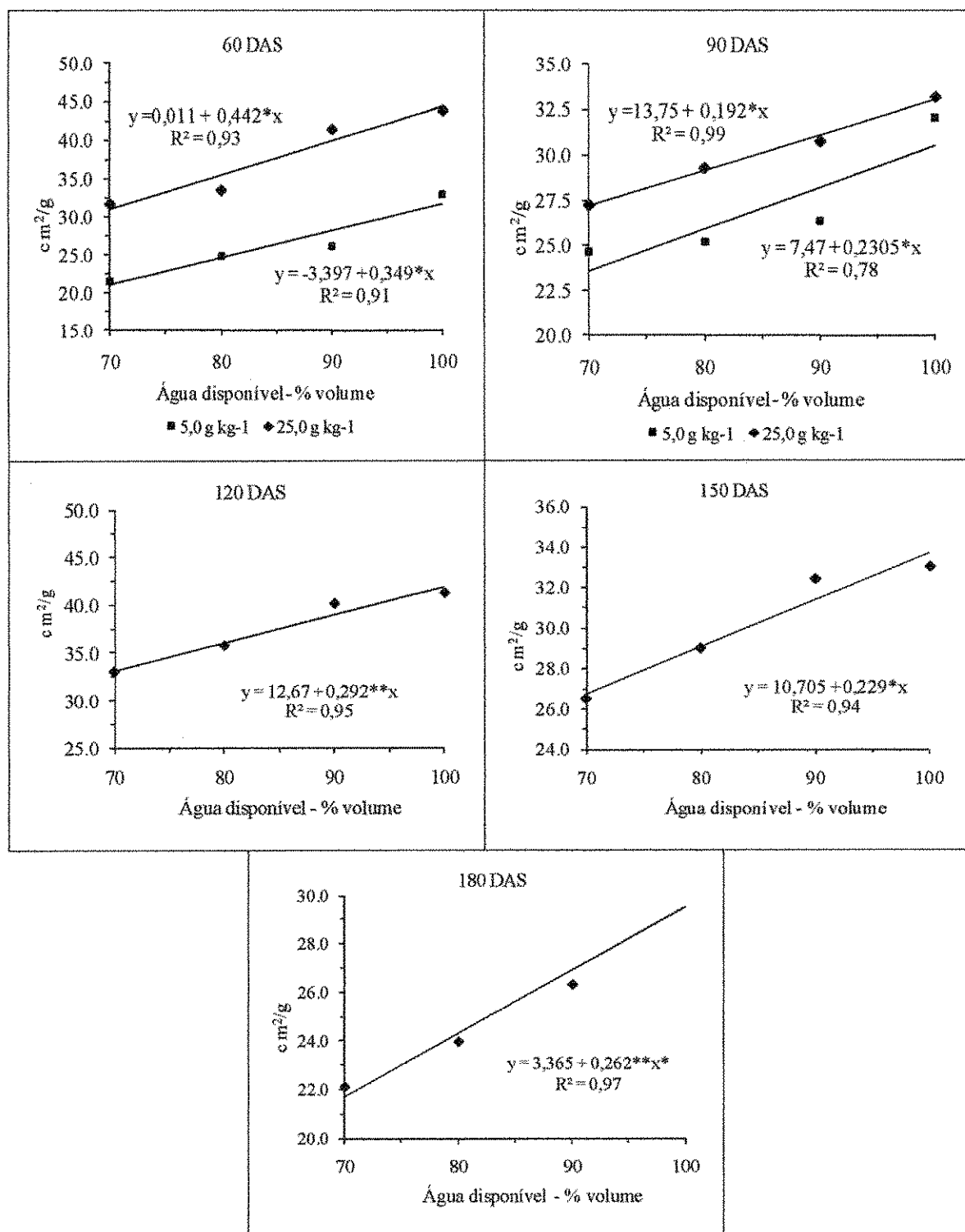


Figura 7. Razão de área foliar da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu em função da matéria orgânica e água disponível do solo

### 5.1.6 Número de inflorescências, Número de dias para emissão da 1ª inflorescência, altura de emissão da 1ª inflorescência

Os resultados das análises de variância (ANAVA) referente ao número de inflorescências, são visualizados na Tabela 10. Constatou-se que a matéria orgânica presente no solo influenciou significativamente este parâmetro a partir dos 90 DAS apresentando significância ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) e ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) dos 120 aos 180 DAS; com as plantas cultivadas em solo com  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O emitindo maior número de inflorescências que as cultivadas a  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O em 47,0, 25,9, 14,8 e 13,9% para os, 90, 120, 150 e 180 DAS, respectivamente.

Com relação à variação da água disponível no solo, houve diferença significativa ao nível de 1% ( $P < 0,01$ ) durante todo o ciclo da cultura. O tratamento 100% de AD emitiu, em média, 35 inflorescências, enquanto os tratamentos cujas plantas foram mantidas a 90, 80 e 70 % da AD emitiram, em média, 30,0, 28,0 e 19,0 inflorescências para o solo que apresentou teor de  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O, respectivamente, enquanto para o solo com teor de matéria orgânica de  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  o número de emissões das plantas mantidas sem estresse hídricos foi, em média, de 30,3 inflorescências contra 27,0, 25,3 e 15,3 emissões para as plantas mantidas a 90, 80 e 70 % de AD, respectivamente, cujos resultados evidenciam a sensibilidade desta cultivar de mamona às condições de escassez de água do solo às quais foram submetidas.

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

As regressões para o fator quantitativo água disponível referente ao número de inflorescências emitidas, são visualizadas através da Figura 8, aumentando-as de forma linear, à medida em que se elevou a disponibilidade de água no solo para as plantas. O aumento no número de emissões da cultivar de mamona variou de 0,042 a 0,466 unidades à medida que se elevou o percentual unitário de água no solo na condição de  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O e de 0,042 a 0,503 unidades na condição de  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O, dos 60 aos 180 DAS, respectivamente.

Tabela 10. Resumo das análises de variância referente à variável número de inflorescência, até os 180 DAS da cultivar BRS 188 – Paraguaçu. Lagoa Seca. PB, 2008

Fonte de variação		Número de inflorescência							
		Quadrado médio							
GL		60 DAS	90 DAS	120 DAS	150 DAS	180 DAS			
MO	1	0,37 <sup>ns</sup>	22,04**	18,37 *	48,16 *	70,04*			
AD	3	1,82 **	9,26**	26,26 **	147,22 **	257,60 **			
Interação	3	0,04 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	3,71 <sup>ns</sup>	1,83 <sup>ns</sup>	1,48 <sup>ns</sup>			
Blocos	2	0,04 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	13,62 <sup>ns</sup>	5,29 <sup>ns</sup>			
Resíduo	14	0,14	0,52	1,22	7,101	12,57			
CV %		24,0	14,27	14,49	13,0	13,53			
(AD)			MO1 MO2	MO1 MO2	MO1 MO2	MO1 MO2	MO1 MO2	MO1 MO2	
Reg. Pol. Linear		5,20**	8,81** 19,26**	16,01** 68,26**	220,41** 212,81**	326,67** 380,01**			
Reg. Pol. Quad		0,04 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup> 0,33 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup> 5,33 <sup>ns</sup>	6,75 <sup>ns</sup> 2,08 <sup>ns</sup>	33,33 <sup>ns</sup> 10,08 <sup>ns</sup>			
Reg. Pol. Cúbica		0,21 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup> 1,06 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup> 0,06 <sup>ns</sup>	3,75 <sup>ns</sup> 1,35 <sup>ns</sup>	15,00 <sup>ns</sup> 12,15 <sup>ns</sup>			
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup> 0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup> 0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup> 0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup> 0,00 <sup>ns</sup>			
Resíduo		0,136	0,47 0,47	0,91 1,80	3,80 9,66	22,00 6,91			
<b>Unidades</b>									
5,0 g kg <sup>-1</sup> MO		1,66 a	4,08 b	6,75 b	19,08 b	24,50 b			
25,0 g kg <sup>-1</sup> MO		1,42 a	6,00 a	8,50 a	21,91 a	27,92 a			
DMS		0,32	0,63	0,96	2,33	3,01			

GL - grau de liberdade; MO – matéria orgânica; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS – diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

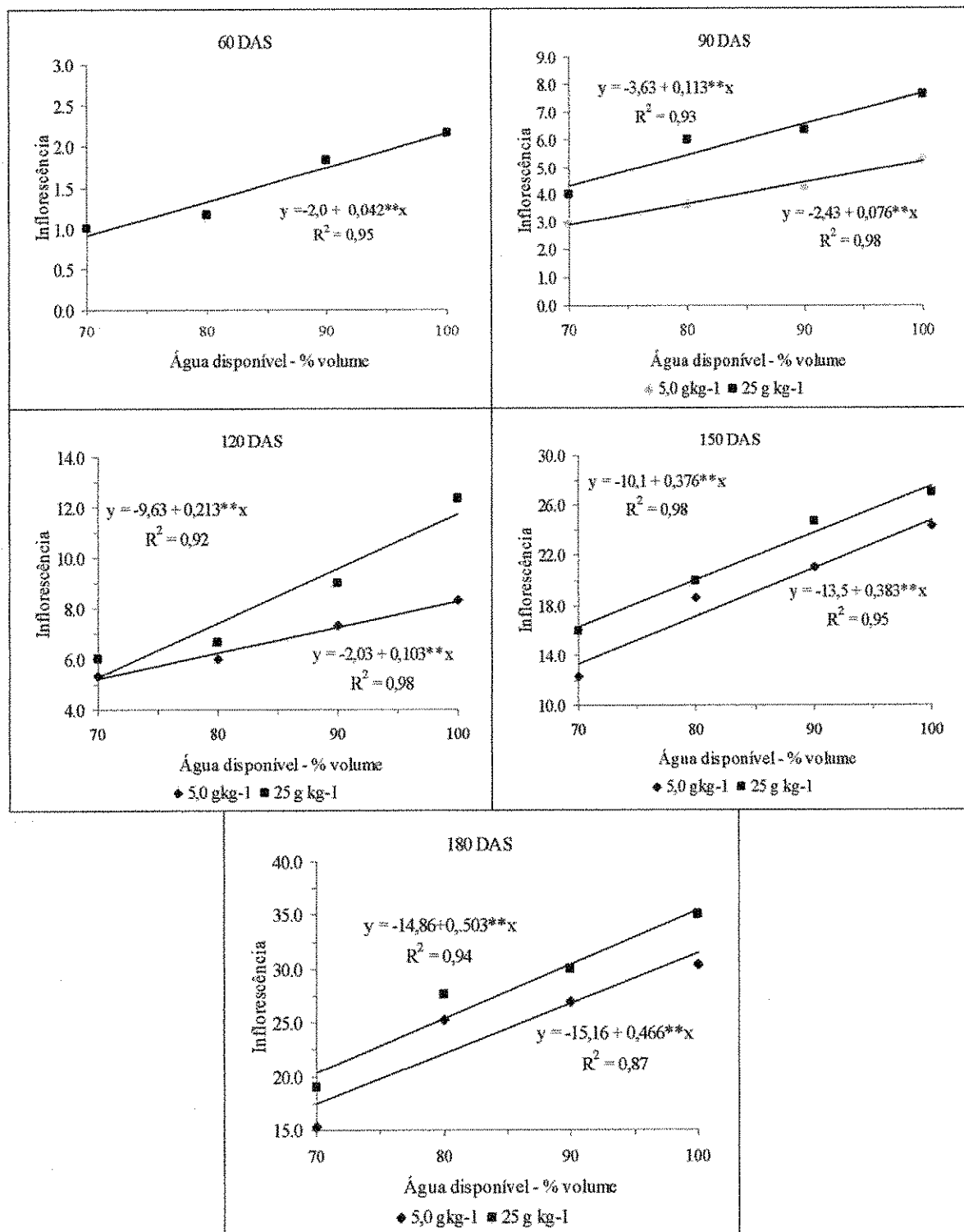


Figura 8. Número de inflorescências da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo



Através da Tabela 11 verifica-se que o número de dias para emissão da 1ª inflorescência (NDEI) não apresentou diferença significativa, qualquer que seja o teor de matéria orgânica no solo. Registra-se apenas diferença estatística significativa ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) para o fator água disponível. O tratamento mantido a 100% de AD emitiu sua primeira inflorescência em menos tempo que os demais tratamentos, aos 37,0 dias, enquanto os tratamentos cujas plantas foram mantidas a 90, 80 e 70% da AD emitiram aos 39,0; 40,0 e 42,0 dias, respectivamente.

Tabela 11. Resumo das análises de variância referente à variável número de dias para a emissão da primeira inflorescência e altura da primeira inflorescência da cultivar BRS 188 – Paraguaçu

Fonte de variação	GL	Nº de dias para emissão	Altura da emissão da 1ª
		da 1ª inflorescência	inflorescência
		Quadrado médio	
MO	1	2,66 <sup>ns</sup>	82,14 <sup>ns</sup>
AD	3	28,55 *	423,60 **
Interação	3	0,33 <sup>ns</sup>	6,80 <sup>ns</sup>
Blocos	2	18,37 <sup>ns</sup>	4,97 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	7,27	59,04
CV %		6,83	12,82
(AD)			
Reg. Pol. Linear		83,33**	1223,68 **
Reg. Pol. Quad		1,50 <sup>ns</sup>	11,48 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,83 <sup>ns</sup>	35,64 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo		7,27	59,04
		Dias	Altura – cm
5,0 g kg <sup>-1</sup> MO		39,83 a	58,08 a
25,0 g kg <sup>-1</sup> MO		39,16 a	61,78 a
DMS		2,36	6,72

GL - grau de liberdade; MO – matéria orgânica; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS – diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ )

Os resultados obtidos mostram a precocidade da cultivar para a variável água disponível; resultados semelhantes foram obtidos por Barros Júnior (2006), em que afirma que plantas da cultivar Paraguaçu conduzidas sem estresse hídrico em condições

de casa de vegetação emitiram, em média, com 39 dias após a semeadura sua primeira inflorescência. Esses dados divergem dos obtidos pela EMBRAPA (2002) e de Carvalho (2005), de que este cultivar, em média 54 dias para emissão da 1ª inflorescência, além dos registrados por Silva (2004) e Lacerda (2006), em ensaios conduzidos com água de abastecimento e plantas em condições satisfatórias de disponibilidade de água no solo, obtiveram as primeiras inflorescências 60 e 69 dias após semeadura, respectivamente.

As regressões para os diferentes níveis de água disponível referente ao número de dias para a emissão da primeira inflorescência, são visualizados através da Figura 9, na qual é possível observar que o decréscimo ocorreu a uma taxa de 0,16 dias para cada aumento unitário do percentual de água no solo.

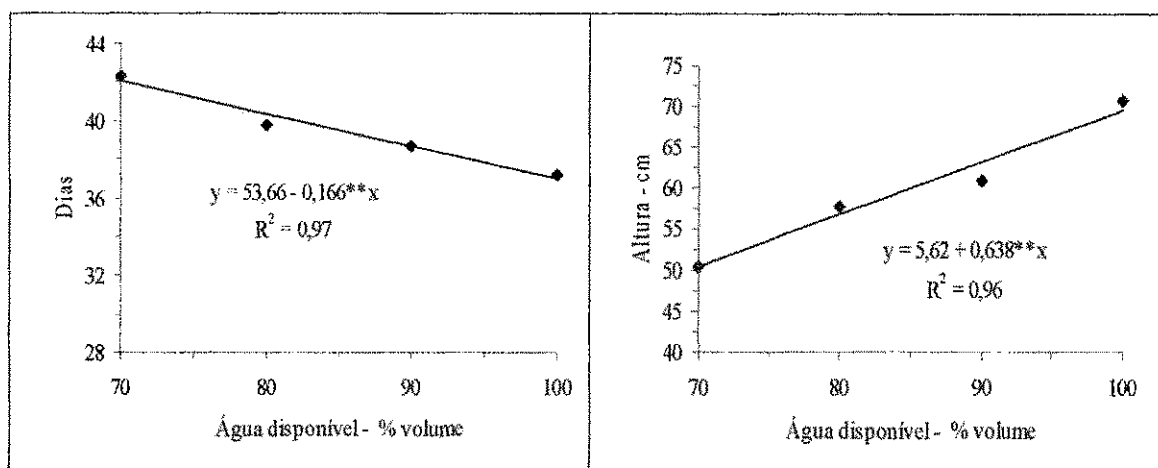


Figura 9. Número de dias para emissão da 1ª inflorescência, altura de emissão da 1ª inflorescência da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo

Os resultados das análises de variância para a variável altura da emissão da 1ª inflorescência (AEI), não mostram diferença estatística significativa para o teor de matéria orgânica no solo, enquanto para a água disponível no solo esta diferença influenciou ao nível de ( $p < 0,01$ ), as plantas sem estresse hídrico emitindo sua primeira inflorescência a 70,75 cm de altura, enquanto para 90, 80 e 70% da AD esta altura foi de 60,8, 57,6 e 50,5 cm, respectivamente.

Lacerda (2006), em condições de casa de vegetação com ensaio semelhante de disponibilidade de água no solo, registrou uma altura média de emissão da 1ª inflorescência 77 cm para plantas da cultivar Paraguaçu sem estresse hídrico. Para

Barros Júnior (2006) a altura média da primeira inflorescência emitida ocorreu, em média, a 32,88 cm para a cultivar Paraguaçu.

Através da Figura 9 verifica-se que o comportamento para este parâmetro foi linear crescente com acréscimos de 0,63 cm de altura para cada aumento unitário do percentual de água no solo.

### 5.1.7 Produtividade média de frutos

A produtividade média de frutos da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, teve influência significativa ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ); para os teores de matéria orgânica testados, a produtividade média obtida pelas plantas cultivadas em solo com teor de 25,0 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica mostrou-se superior 17,38% à obtida por plantas submetidas a 5,0 g kg<sup>-1</sup>; os resultados das análises de variância (ANAVA) são visualizados na Tabela 12. O baixo teor de matéria orgânica em solos de clima tropical e subtropical, é o principal fator responsável pela baixa produtividade das culturas em decorrência da limitação do fornecimento do nitrogênio (BAYER e MIELNICZNUK, 2008); assim, a mamoneira, que é uma cultura que responde bem às aplicações de fertilizantes, tanto químicos como orgânicos, respondeu significativamente ao aumento do teor de matéria orgânica no solo (GUIMARÃES et. al., 2010).

A água disponível do solo influenciou significativamente, ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ), a produtividade média do cultivar de mamona, observando-se que as plantas cujo solo foi mantido a capacidade de campo (100% AD) para o solo com teor de 5,0 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica apresentaram produtividade média de 4.911,11 kg ha<sup>-1</sup> e de 6.336,11 kg ha<sup>-1</sup> para o solo com 25,0 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica.

O déficit hídrico é uma situação comum à produção de muitas culturas, podendo apresentar impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento das plantas (LECOEUR e SINCLAIR, 1996); assim, existe um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> para produção de carboidratos (TAIZ e ZEIGER, 1998). A necessidade de se resolver este conflito, leva a planta a desenvolver mecanismos morfofisiológicos que as conduzem a economizar água para uso em períodos posteriores (McCREE e FERNÁNDEZ, 1989) levando as plantas, então, acelerarem a produção de sementes.

Tabela 12. Resumo das análises de variância referente à variável produtividade média de frutos, até os 180 DAS da cultivar BRS 188 – Paraguaçu

Fonte de variação		Produtividade média – kg ha <sup>-1</sup>	
	GL	Quadrado médio	
MO	1	3523472,95*	
AD	3	6725698,79**	
Interação	3	348336,47 <sup>ns</sup>	
Blocos	2	93106,01 <sup>ns</sup>	
Resíduo	14	603282,92	
CV %		18,18	
(AD)		<b>MO1</b>	<b>MO2</b>
Reg. Pol. Linear		7117026,00**	13135075,97**
Reg. Pol. Quad		42566,34 <sup>ns</sup>	749000,33 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		136374,33 <sup>ns</sup>	42315,39 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo		599133,88	788785,30
		Produtividade de frutos - kg ha <sup>-1</sup>	
5,0 g kg <sup>-1</sup> MO		3889,75 b	
25,0 g kg <sup>-1</sup> MO		4656,07a	
DMS		680,09	

GL - grau de liberdade; MO – matéria orgânica; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS – diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

A regressão para o fator quantitativo água disponível referente à produtividade média da mamoneira, pode ser vista na Figura 10, verificando-se tendência linear crescente de produtividade, ocorrendo diferença acentuada entre os tratamentos submetidos a diferentes níveis de água disponível, com acréscimos de 91,47 kg ha<sup>-1</sup> de frutos para a condição de 25,0 g kg<sup>-1</sup> e de 68,88 kg ha<sup>-1</sup> de frutos para a condição de 5,0 g kg<sup>-1</sup> para cada aumento unitário de água disponível.

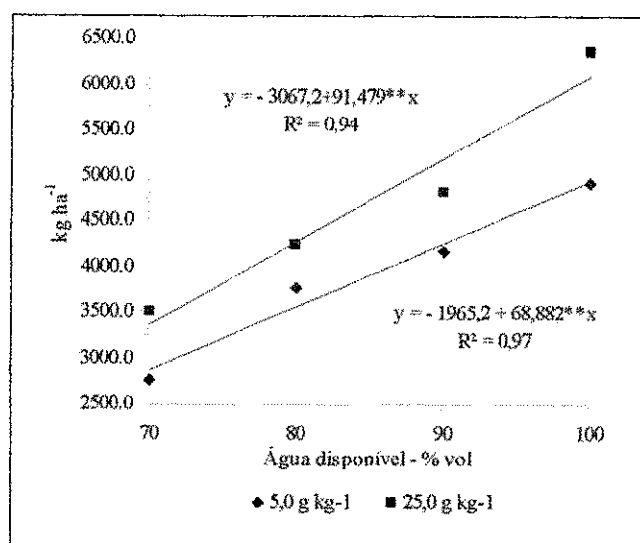


Figura 10. Produtividade média da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo

Quedas de 10,5 % e 15,8 % nas produtividades da cultivar de mamona “Pronto” foram detectadas por Koutroubas et al. (2000), ao reduzirem as lâminas de irrigação para respectivamente, 0,75 e 0,50 da Evapotranspiração Máxima da Cultura (ET<sub>m</sub>). Laureti (2002), por sua vez, obteve queda de 8,7 % na produção do híbrido de mamona ISCIOR 101 ao reduzir em um terço a lâmina de irrigação. Lacerda (2006) submetendo plantas de Paraguaçu em condições de casa de vegetação a níveis de água no solo de 100 e 80 % da AD, observou redução de 58 % até os 120 dias após semeadura na produção de frutos e de sementes, com redução do conteúdo de água no solo.

Barros Júnior (2007), em experimento em casa de vegetação aos 180 dias após semeadura observou, para o cultivar Paraguaçu estudada, uma grande sensibilidade quando submetida a estresse hídrico com acentuada redução da produção de frutos, uma vez que as plantas conduzidas em solo em qual o conteúdo de água foi mantido ao 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 pelos tratamentos submetidos a 100 % AD.

Os rendimentos de 6.336,11 kg ha<sup>-1</sup> obtidos neste ensaio para 100 % de AD, foram superiores aos obtidos em experimentos irrigados por Gondim et al. (2004), que utilizaram genótipos importados da Costa Rica, irrigados por aspersão no Estado do Ceará (3.494,0 kg ha<sup>-1</sup> para o genótipo CSRN-142); as produções obtidas no presente estudo também superam os 2.345,50 kg ha<sup>-1</sup> obtidos por Curi e Campelo Júnior (2004)

com a cultivar IRIS, irrigada no Estado do Mato Grosso, e ainda superior aos 5.400,00 kg.ha<sup>-1</sup> com a Nordeste e Paraguaçu, conseguidos por Carvalho (2005).

O déficit hídrico ocasiona mudanças na partição dos carboidratos no interior da planta, condicionando-as a desenvolverem mecanismos de adaptação e resistência. 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. Desta forma, plantas conduzidas em condições de irrigação normalmente apresentam menos resistência a situações de déficit hídrico no solo; já em plantas submetidas ao déficit hídrico gradual ou à deficiência de água no solo no início do seu ciclo, mais facilmente se adapta. 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 (SANTOS e CARLESSO, 1998).

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

Os resultados das análises de variância (ANAVA) para o peso médio de 100 frutos da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu se encontram na Tabela 13; constata-se que não houve diferença significativa da matéria orgânica do solo sobre o peso médio dos frutos produzidos; já a água disponível do solo influenciou significativamente ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ), o peso médio de 100 frutos produzidos pelas plantas para o solo que foi mantido a capacidade de campo (100% AD), sendo 7,6, 14,3 e 16,7%, a mais que o peso médio do frutos produzidos pelas plantas mantidas a 90; 80 e 70% AD, respectivamente.

Tabela 13. Resumo das análises de variância referente às variáveis, peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação fruto/sementes, até os 180 DAS da cultivar BRS 188 – Paraguaçu.

Fonte de variação		P100F	P100S	Relação fruto/semente
GL		Quadrado médio		
MO	1	28,17 <sup>ns</sup>	3,09 <sup>ns</sup>	0,000495 <sup>ns</sup>
AD	3	3828,06*	77,41 *	0,006957 *
Interação	3	20,11 <sup>ns</sup>	3,04 <sup>ns</sup>	0,000076 <sup>ns</sup>
Blocos	2	1077,45 <sup>ns</sup>	7,67 <sup>ns</sup>	0,000587 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	1178,41	31,50	0,001899
CV %		9,54	7,39	6,57
<b>(AD)</b>		<b>MO</b>	<b>MO</b>	<b>MO</b>
Reg. Pol. linear		10807,97**	210,09*	0,01938 **
Reg. Pol. Quad		658,35 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	0,00148 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbic		17,07 <sup>ns</sup>	21,38 <sup>ns</sup>	0,000002 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>
Resíduo		1178,41	31,50	0,00189
		Peso – g	Peso – g	g / g
<b>5,0 g kg<sup>-1</sup> MO</b>		358,90 a	75,60 a	0,658 a
<b>25,0 g kg<sup>-1</sup> MO</b>		361,08 a	76,32 a	0,668 a
<b>DMS</b>		30,05	4,91	0,038

GL - grau de liberdade; MO – matéria orgânica; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS – diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ )



A regressão para o fator quantitativo água disponível, referente ao peso médio de 100 frutos, é visualizada na Figura 11; verifica-se que à medida em que se elevou o conteúdo de água disponível no solo, a cultivar de mamona BRS 188 - Paraguaçu apresentou tendência de aumento linear para o peso médio de 100 frutos com acréscimos de 1,89 g para cada aumento unitário de água disponível.

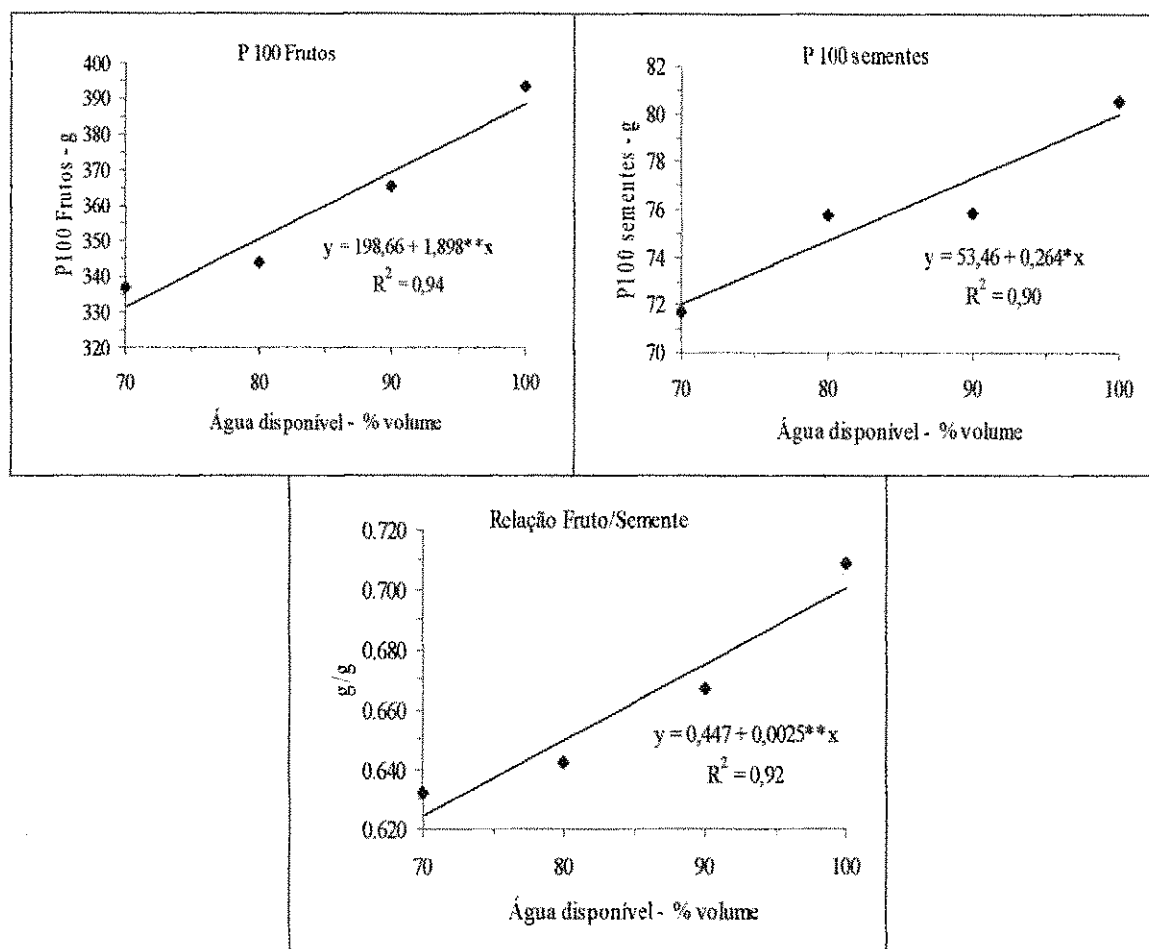


Figura 11. Peso médio de 100 sementes, peso médio de 100 frutos e relação fruto/semente da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu em função da matéria orgânica e água disponível do solo

Os resultados das análises de variância para o peso médio de 100 sementes estão dispostos na Tabela 13; verifica-se que houve influência apenas do conteúdo de água disponível no solo sobre este parâmetro, em que os valores médios do peso de 100 sementes obtidos 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 que foram conduzidas a 90, 80 e 70 % da AD, conforme Figura 11; valores esses superiores aos índices apresentados por Beltrão et. al (2001) que obtiveram, em média 71 g e por Carvalho (2005), que obteve,

para a Paraguaçu 67,3 g, valores abaixo desses; Barros Júnior (2007), obteve em média, em condições similares em casa de vegetação, valores de 67,3 g para a cultivar Paraguaçu cultivada sem estresse hídrico, entretanto, quando a submeteu a ao nível de 80% da AD, o peso médio foi de 56,7 g.

A regressão para o peso médio de 100 sementes referente ao fator quantitativo água disponível pode ser visualizada na Figura 11; o acréscimo para o peso médio de 100 sementes foi da ordem de 0,26 g cada aumento unitário de água disponível no solo.

Para a relação semente/fruto, os resultados das análises de variância também são apresentados na Tabela 13, verificando-se que somente a água disponível no solo teve influência significativa ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ), cujo tratamento submetido a 100% de água disponível, teve maior rendimento de sementes de 0,709, enquanto para a condição em que as plantas foram cultivadas a nível de 90, 80 e 70% da AD, esta relação foi de 0,667, 0,643 e 0,633, respectivamente. A Figura 11, que apresenta a curva de tendência para este parâmetro, mostra que, à medida que se elava a água disponível no solo para as plantas esta relação aumenta a uma razão de 0,0025 para cada aumento unitário de água disponível. Severino et al. (2005) obtiveram valor médio para a relação fruto/semente de 0,652 para a cultivar de mamona Paraguaçu.

Segundo Severino et al. (2005), o descascamento ou beneficiamento dos frutos da mamona é um dos passos tecnológicos mais importantes no processo de produção desta oleaginosa, principalmente em cultivares indeiscentes em que o fruto não se abre com facilidade e a retirada da semente se torna mais difícil, o que torna essencial o conhecimento deste parâmetro, haja vista que possibilita uma estimativa simplificada da produtividade de sementes de mamona.

### 5.1.9 Teor de óleo

Na Tabela 14 são apresentados os resultados das análises de variância (ANAVA) do teor de óleo das sementes da cultivar de mamona BRS 188 – Paraguaçu. É possível constatar que não houve influência significativa da matéria orgânica do solo sobre o teor de óleo presente nas sementes; entretanto, no tocante aos diferentes níveis de água a que foram submetidas as plantas, houve diferença estatística significativa ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ).

Tabela 14. Resumo das análises de variância referente à variável teor de óleo das sementes da cultivar BRS 188 – Paraguaçu

		Teor de Óleo -%
FV	GL	Quadrado médio
MO	1	0,735 <sup>ns</sup>
AD	3	13,027*
Interação	3	0,655 <sup>ns</sup>
Blocos	2	10,593 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	3,649
CV %		3,87
<b>(Água Disponível)</b>		
Reg. Pol. Linear		32,86 **
Reg. Pol. Quad		6,00 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,21 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo		3,64
<b>Tratamentos</b>		<b>Teor de óleo - %</b>
5,0 g kg <sup>-1</sup> MO		49,19 a
25,0 g kg <sup>-1</sup> MO		49,54 a
DMS		1,67

GL - grau de liberdade; MO – matéria orgânica; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS – diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ )

A regressão para o fator quantitativo água disponível, encontra-se na Figura 12, verificando-se que, à medida em que se elevou o conteúdo de água disponível no solo, o teor de óleo apresentou tendência linear crescente com acréscimos de 0,1% de óleo para cada aumento unitário de água disponível.

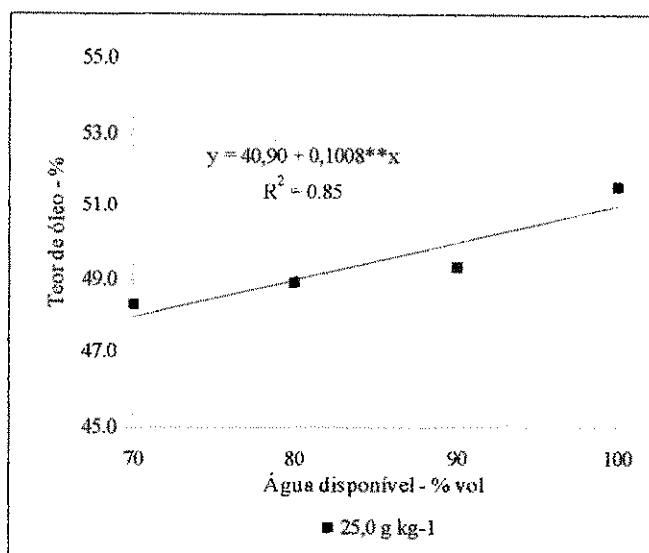


Figura 12. Teor de óleo das sementes da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu em função da matéria orgânica e água disponível do solo

O estresse hídrico causado pela diminuição do conteúdo de água no solo provocou reduções no teor de óleo, as sementes das plantas conduzidas a 100 % de AD, apresentaram, em média, teor de óleo de 51,58%, enquanto os tratamentos que foram 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.

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

O teor médio de óleo (51,48%) obtido nas sementes das plantas conduzidas sem estresse hídrico, é superior a faixa de 45 a 49% previstas por Azevedo et al. (1997) e EMBRAPA (2002) para as cultivares Nordestina e Paraguaçu. Laureti (2002), em trabalhos com o híbrido “HD 912” de mamona, registrou reduções de até 50,70% no teor de óleo das sementes quando irrigadas com reduções progressivas nas lâminas de água, proporcionais a 75, 50 e 25% da ETC.

### 5.1.10 Volume de água aplicado e eficiência de uso de água

Na Tabela 15 estão as análises de variância (ANAVA) para o volume de água aplicado e da eficiência do uso de água na qual se verifica que o volume de água aplicado foi influenciado significativamente ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) entre os diferentes teores de matéria orgânica no solo. As plantas conduzidas no solo com  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  de matéria orgânica consumiram a mais que as submetidas a  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$ . Constatam-se diferenças significativas 1% ( $p < 0,01$ ) para o tratamento referente aos diferentes conteúdos de água no solo disponível para as plantas; as plantas mantidas a 100% AD cujo teor de matéria orgânica foi de  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$ ; tiveram volume aplicado médio de  $0,804 \text{ m}^3$  ( $1.340,0 \text{ mm}$ ) e de  $0,881 \text{ m}^3$  ( $1.468,3 \text{ mm}$ ) para o tratamento cujo teor de matéria orgânica foi de  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$ .

Tabela 15. Resumo das análises de variância referente à variável volume aplicado e eficiência de uso de água da cultivar BRS 188 – Paraguaçu

Fonte de variação	GL	Volume de água aplicado		Eficiência de consumo	
		Quadrado médio			
MO	1	0,035*		0,308 *	
AD	3	0,060 **		0,557 **	
Interação	3	0,006 <sup>ns</sup>		0,003 <sup>ns</sup>	
Blocos	2	0,003 <sup>ns</sup>		0,073 <sup>ns</sup>	
Resíduo	14	0,005		0,055	
CV %		8,69		12,82	
(AD)		MO1	MO2	MO1	MO2
Reg. Pol. Linear		0,118 *	0,061**	0,893 **	0,726**
Reg. Pol. Quadrática		0,016 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,038 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,000 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,014 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>
Desvio		0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>
Resíduo		0,022	0,002	0,047	0,064
		$\text{m}^3$		$\text{kg m}^{-3}$	
<b>5,0 g kg<sup>-1</sup> MO</b>		0,804 b (1340,0 mm)		2,38 b	
<b>25,0 g kg<sup>-1</sup> MO</b>		0,881 a (1468,3 mm)		2,61 a	
<b>DMS</b>		0,064		0,20	

GL - grau de liberdade; MO - matéria orgânica; AD - água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 -  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  M.O; MO2 -  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  M.O; DMS - diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ )

Para a eficiência do uso da água, conforme Tabela 15, verifica-se diferença estatística significativa ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) referente ao fator matéria orgânica no solo. As plantas submetidas ao nível de matéria orgânica correspondente a  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$ , apresentaram eficiência de  $2,38 \text{ kg m}^{-3}$  enquanto no nível de matéria orgânica  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  apresentaram eficiência de  $2,61 \text{ kg m}^{-3}$ . A eficiência de uso aumentou com o volume de água aplicado na irrigação, obtendo-se o maior índice de eficiência no tratamento com nível mais alto de água disponível, ou seja, as plantas apresentaram maior capacidade de reverter o volume de água consumido em produção de fitomassa à medida em que a disponibilidade hídrica no solo foi aumentada, conforme Figura 13.

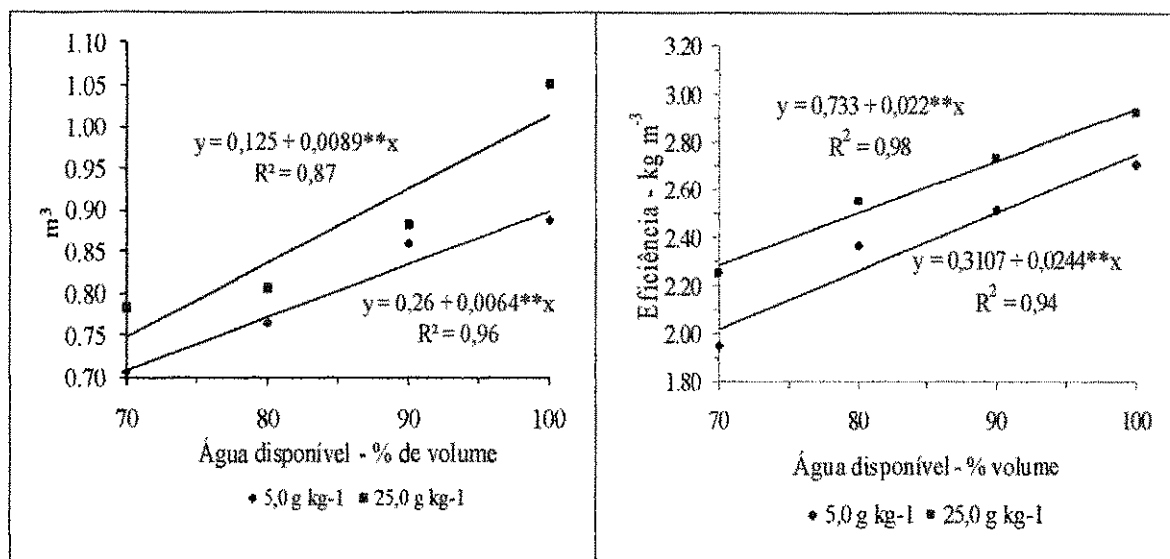


Figura 13. Volume de água aplicado e eficiência do uso da água da mamoneira BRS 188-Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo

Barros Júnior (2007), verificou que plantas conduzidas no 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 (2006), com a cultivar de mamona Paraguaçu, também constatou 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.

As representações gráficas das regressões obtidas para o volume de água aplicado e a eficiência de uso de água da cultivar de mamona, são visualizadas na Figura 13 mostrada anteriormente. As equações apresentadas refletem o comportamento linear para o volume de água aplicado e para a eficiência do uso de água, obtendo-se incrementos de  $0,0064$  e  $0,0089 \text{ m}^{-3}$  no volume de água aplicado para cada incremento unitário em percentual de 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. Para a eficiência de uso de água obtiveram

incrementos de 0,0024 e 0,022 kg m<sup>-3</sup> para cada aumento unitário em percentual do volume de água disponível no solo, para a condição de 5,0 g kg<sup>-1</sup> de MO e 25,0 g kg<sup>-1</sup> de MO, respectivamente. Valores inferiores aos obtidos por Lacerda (2006) e Barros Junior (2007), em condições de casa de vegetação, que também as submeteram a diferentes níveis de água no solo, que obtiveram incrementos de 0,049 e 0,042, respectivamente.

## 5.2 SEGUNDO CICLO

### 5.2.1 Altura da planta

Os resultados das análises de variância (ANAVA) referentes à altura da planta para o segundo ciclo, são apresentados na Tabela 16; verifica-se diferença significativa entre os tratamentos relacionados ao fator matéria orgânica no solo durante todo o período de condução da cultura, ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ), em que as plantas submetidas a 25,0 g kg<sup>-1</sup> de M.O apresentaram superioridade em referencia às submetidas a 5,0 g.kg<sup>-1</sup> de M.O.

No que se refere aos diferentes níveis de água disponível no solo para as plantas constatou-se diferença significativa ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ), com exceção dos 150 DAP, que apresentaram diferença significativa ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ). A altura média das plantas conduzidas a 100% de AD aos 180 DAP foi de 233,3 cm e 283,3 cm para o solo com teores de 5,0 g.kg<sup>-1</sup> de M.O e 25,0 g.kg<sup>-1</sup> de M.O, respectivamente; a altura da planta em condições de rebrote apresentou-se semelhante à do primeiro ciclo, com porte ligeiramente superior.

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



Tabela 16. Resumo das análises de variância referente à variável altura da planta até os 180 DAP da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca. PB, 2008

Fonte de variação		Altura da planta									
		Quadrado médio									
GL		60 DAP	90 DAP	120 DAP	150 DAP	180 DAP					
MO	1	519,87 *	73,29 *	294,29 *	367,87 *	452,04 *					
AD	3	3504,16 **	3687,76 **	5046,00 **	16642,66 *	15606,00 **					
Interação	3	22205,50 <sup>ns</sup>	5068,62 <sup>ns</sup>	6744,27 <sup>ns</sup>	6986,94 <sup>ns</sup>	14666,55 <sup>ns</sup>					
Blocos	2	126,83 <sup>ns</sup>	13,45 <sup>ns</sup>	58,11 <sup>ns</sup>	125,22 <sup>ns</sup>	522,33 <sup>ns</sup>					
Resíduo	14	6704,25	720,67	889,43	1960,39	2293,89					
CV %		16,00	15,80	15,30	18,55	18,50					
(AD)		MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2
Reg. Pol. Linear		11648,26**	10454,40**	7020,01*	8178,33*	9102,01**	11124,81*	7684,01*	13112,81*	13500,00*	29304,60**
Reg. Pol. Quad		1,33 <sup>ns</sup>	33,33 <sup>ns</sup>	5,33 <sup>ns</sup>	28,52 <sup>ns</sup>	36,75 <sup>ns</sup>	90,75 <sup>ns</sup>	168,75 <sup>ns</sup>	330,75 <sup>ns</sup>	1008,33 <sup>ns</sup>	1728,00 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		194,40 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	4,81 <sup>ns</sup>	9,20 <sup>ns</sup>	36,81 <sup>ns</sup>	16,01 <sup>ns</sup>	12,15 <sup>ns</sup>	28,01 <sup>ns</sup>	1,66 <sup>ns</sup>	24,06 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo		365,41	740,69	591,61	920,39	439,86	1540,19	748,47	3061,77	1273,08	1973,80
Altura cm											
5,0 g kg <sup>-1</sup> MO		124,66 b	157,00 b	180,41 b	212,41 b	233,33 b					
25,0 g kg <sup>-1</sup> MO		148,83 a	182,29 a	209,41 a	265,08 a	284,33 a					
DMS		19,16	23,50	26,11	38,76	41,93					

GL - grau de liberdade; MO - matéria orgânica; AD - água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS - diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

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

As regressões apresentadas na Figura 14 permitem constatar a tendência de crescimento linear para a altura das plantas em todas as épocas; o aumento da altura da planta evoluiu com o aumento da disponibilidade hídrica e matéria orgânica no solo, variando de 2,16 a 3,0 cm na altura da planta por aumento unitário do percentual de água no solo dos 60 aos 180 DAP, para o tratamento a 5,0 g.kg<sup>-1</sup> de M.O, enquanto para a condição de 25,0 g.kg<sup>-1</sup> de M.O o aumento unitário da altura da planta variou de 2,33 a 4,42 cm dos 60 aos 180 DAP, respectivamente.

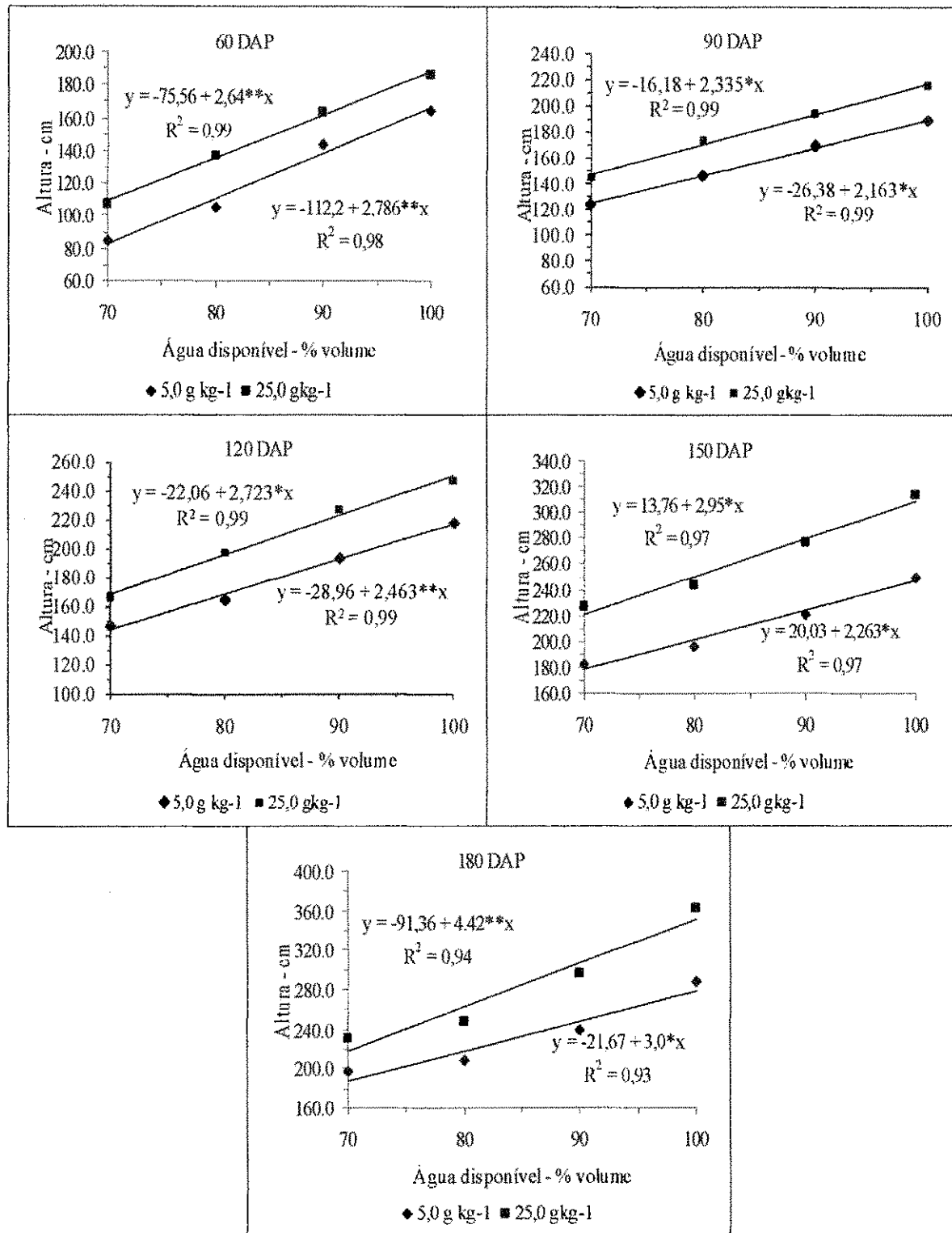


Figura 14. Altura da planta da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível no solo em segundo ciclo

### 5.2.2 Diâmetro do caule

Os dados referentes à variável diâmetro do caule (DC) obtidos durante o segundo ciclo da cultura, foram submetidos à análise estatística, cujo resumo das análises de variância (ANAVA) se encontram na Tabela 17; verificam-se diferenças significativas ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) entre tratamentos referentes a adição de matéria orgânica no solo aos 60 e 120 DAP e ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) aos 90, 150 e 180 DAP. O diâmetro caulinar das plantas conduzidas em solo com  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O apresentou superioridade em relação às plantas submetidas a  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O. A influência da matéria orgânica no solo sobre o diâmetro do caule apresentou comportamento idêntico ao dos dados obtidos durante o primeiro ciclo de condução da mamoneira.

A água disponível no solo influenciou significativamente ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) durante todo o período analisado. As plantas mantidas a 100% AD aos 180 DAP apresentaram diâmetro médio do caule de 76,7 e 94,8 mm, quando conduzidas em solo com 5,0 e  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O, respectivamente.

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

As regressões apresentadas na Figura 15, 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 0,44 a 0,60 mm por aumento unitário do percentual de água no solo dos 60 DAP aos 180 DAP na condição de  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O, enquanto para a condição de  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O a variação ocorreu na faixa de 0,59 a 0,75 mm dos 60 aos 180 DAP, respectivamente.

Tabela 17. Resumo das análises de variância referente à variável diâmetro do caule até os 180 DAP da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca, PB, 2008

Fonte de variação		Diâmetro do caule									
		Quadrado médio									
GL		60 DAP	90 DAP	120 DAP	150 DAP	180 DAP					
MO	1	1042,80 **	640,15 *	1024,42 **	657,30*	682,66 *					
AD	3	396,95 *	436,33*	341,68*	567,42 *	460,68 *					
Interação	3	29,35 <sup>ns</sup>	27,33 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	44,70 <sup>ns</sup>	58,06 <sup>ns</sup>					
Blocos	2	32,25 <sup>ns</sup>	13,69 <sup>ns</sup>	194,76 <sup>ns</sup>	34,88 <sup>ns</sup>	60,03 <sup>ns</sup>					
Resíduo	14	1114,91	126,23	81,96	138,62	116,83					
CV %		18,41	18,26	13,73	16,70	14,57					
(AD)		MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2
Reg. Pol. Linear		2,96 *	8,06*	3,64*	8,95*	4,80*	5,35*	8,40*	8,53*	5,52*	7,64*
Reg. Pol. Quad		0,39 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	1,74 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,01 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo		1,24	0,78	1,58	1,33	0,62	0,97	1,99	1,19	1,37	1,14
<b>Diâmetro (mm)</b>											
5,0 g kg <sup>-1</sup> MO		51,6 b	56,3 b	59,4 b	65,2 b	68,8 b					
25,0 g kg <sup>-1</sup> MO		64,8 a	66,6 a	72,4 a	75,7 a	79,5 a					
DMS		9,3	9,8	7,9	10,3	9,4					

GL - grau de liberdade; MO – matéria orgânica; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS – diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

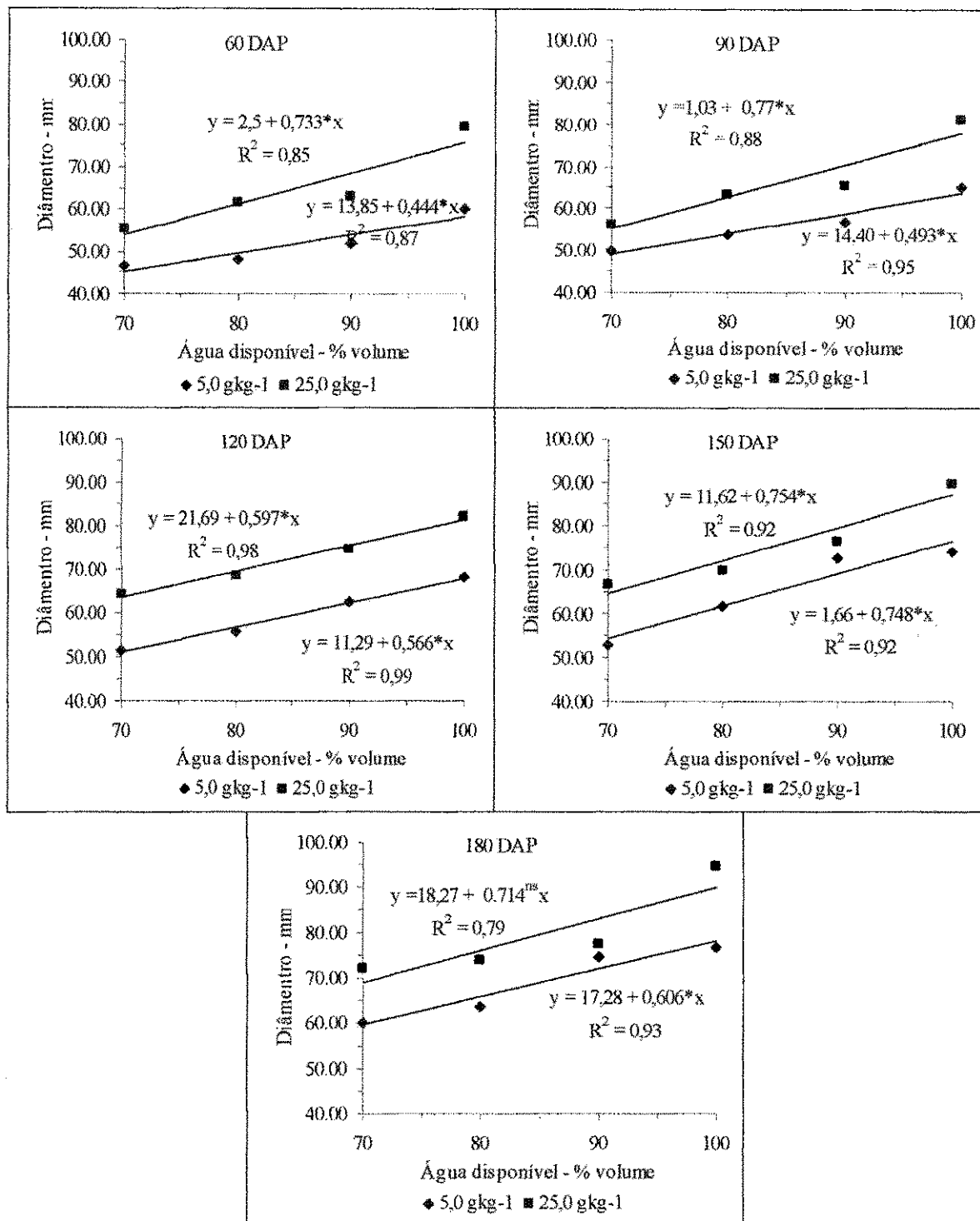


Figura 15. Diâmetro do caule da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo em segundo ciclo

### 5.2.3 Área foliar

Através da tabela 18, constata-se que a área foliar da mamoneira teve influência significativa ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) durante todo o ciclo da cultura, para os diferentes níveis de matéria orgânica no solo, cujas plantas conduzidas a  $25,0 \text{ g.kg}^{-1}$  de matéria orgânica se sobrepuseram à área foliar daquelas cultivadas em solo a  $5,0 \text{ g.kg}^{-1}$  de matéria orgânica.

Com relação à água disponível no solo, o efeito foi significativo ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ), com exceção para os 150 DAP, que apresentaram significância ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ), observa-se superioridade das plantas cujo conteúdo de água foi mantido na capacidade de campo (100% AD) em relação aos demais tratamentos (70, 80 e 90% AD).

Verifica-se aos 180 DAP, que as plantas submetidas a  $25,0 \text{ g.kg}^{-1}$  de matéria orgânica e (100% AD) tiveram sua área foliar superior em 82,8, 36,6 e 23,4 % à das plantas submetidas a 70, 80 e 90% de AD, respectivamente; para o nível de  $5,0 \text{ g.kg}^{-1}$  de matéria orgânica tendo sido observada também entre os valores com diferença de 62,7, 56,9 e 20,0% a mais que a das mantidas a 70, 80 e 90% de AD, respectivamente. Esses resultados se apresentam semelhantes aos da primeira fase do experimento, demonstrando o vigor da cultivar estudada para condições de rebrote.

Tabela 18 Resumo das análises de variância referente à variável área foliar até os 180 DAP da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca. PB, 2008

Fonte de variação		Área foliar									
		Quadrado médio									
GL		60 DAP	90 DAP	120 DAP	150 DAP	180 DAP					
MO	1	0,10 **	0,05 **	0,00 **	0,65 **	0,41*					
AD	3	0,97 **	1,46 **	5,36 **	6,16 *	4,96**					
Interação	3	0,85 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	1,60 <sup>ns</sup>	2,53 <sup>ns</sup>	6,00 <sup>ns</sup>					
Blocos	2	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>					
Resíduo	14	0,08	0,05	0,17	0,68	0,65					
CV %		23,91	17,59	15,68	22,60	18,97					
(AD)		MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2
Reg. Pol. Linear		1,19**	1,32*	1,11**	0,74*	1,13*	4,04**	3,41*	4,00*	6,65**	11,41**
Reg. Pol. Quad		0,02 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,04 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo		0,05	0,12	0,05	0,07	0,13	0,15	0,88	0,53	0,47	0,41
Área foliar m <sup>2</sup>											
5,0 g kg <sup>-1</sup> MO		1,00 b	1,08 b	2,20 b	3,14 b	3,80 b					
25,0 g kg <sup>-1</sup> MO		1,41 a	1,57a	3,14a	4,16a	4,70a					
DMS		0,25	0,20	0,36	0,72	0,70					

GL - grau de liberdade; MO – matéria orgânica; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS – diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05); DAP - dias após a poda



Os efeitos do estresse hídrico sobre o processo fotossintético de plantas de mamona, foram investigados por Sausen (2007), que observou redução da atividade de troca gasosa e aumento da eficiência no uso da água. A análise de curvas de resposta à concentração interna de CO<sub>2</sub> e parâmetros bioquímicos demonstrou que, sob baixo déficit hídrico, a limitação estomática foi a principal responsável pela redução da fotossíntese. Entretanto, sob condições severas de déficit hídrico, além da limitação estomática, a fotossíntese foi afetada também por limitações bioquímicas que promoveram redução do crescimento e da área foliar total nas plantas de mamona.

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

Na Figura 16 são mostradas as regressões para área foliar, verificou-se comportamento linear crescente à medida em que se elevou o conteúdo de água disponível do solo durante todo o ciclo da cultura; a área foliar aos 180 DAP atingiu valores de 4,93 e 6,12 m<sup>2</sup> para a condição sem estresse hídrico (100 % da AD) nos solos cujo teor de matéria orgânica era de 5,0 e de 25,0 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. O aumento unitário da área foliar variou de 0,028 a 0,066 m<sup>2</sup> a medida que se elevou o percentual unitário de água no solo na condição de 5,0 g kg<sup>-1</sup> de M.O, e de 0,029 a 0,087 m<sup>2</sup> na condição de 25,0 g kg<sup>-1</sup> de M.O dos 60 aos 180 DAP, respectivamente.

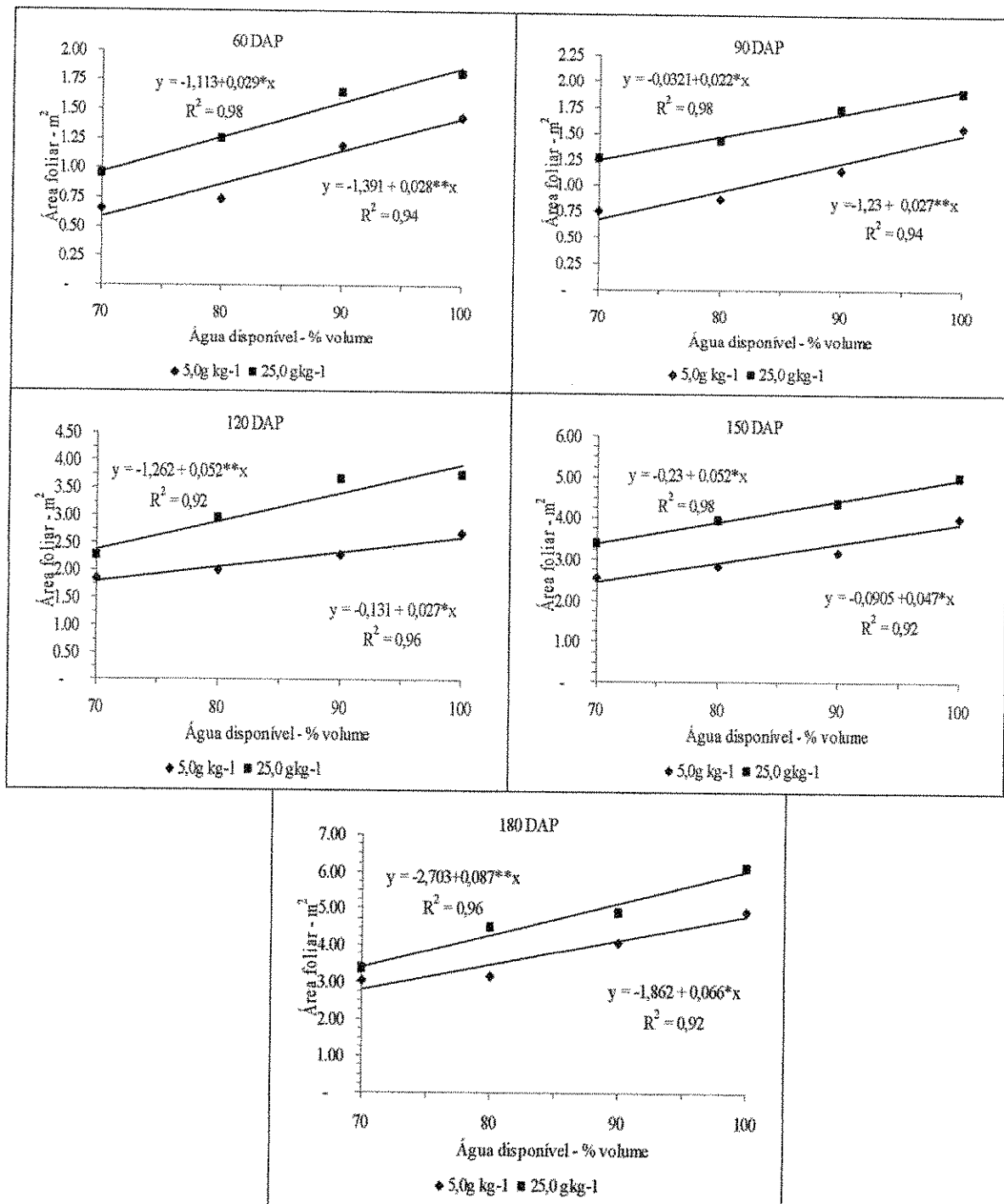


Figura 16. Área foliar da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo

#### 5.2.4 Fitomassa

Apresentam-se, na tabela 19, os resultados das análises de variância (ANAVA) para a fitomassa da parte aérea (FPA) da cultivar de mamona BRS 188 – Paraguaçu, constata-se diferença significativa ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) entre os níveis de matéria orgânica no solo durante todo o ciclo da cultura. A fitomassa produzida pelas plantas cultivadas no solo com teor de matéria orgânica de  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  foi superior em 22,7, 21,5, 26,36, 26,73 e 21,4 % à fitomassa produzida pelas plantas cultivadas em solo com  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  de matéria orgânica, aos 90, 120, 150 e 180 DAP, respectivamente. A água disponível no solo influenciou significativamente ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) a produção de fitomassa da parte aérea. A produção média de fitomassa da parte aérea obtida por plantas conduzidas em solos mantidos a 100 % de água disponível e a  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O (2.117,43 g) e de  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O (2.486,52 g) aos 180 DAP, ficou próxima à obtida durante o primeiro ciclo da cultura, o que demonstra a capacidade e a viabilidade de desenvolvimento do rebroto da mamoneira às condições a que foram submetidas.

As regressões para os diferentes níveis de água disponível são dispostas na Figura 17; verifica-se que o comportamento para o acúmulo de fitomassa da parte aérea foi linear à medida que elevou 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  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O e de 10,0 g a 35,95 g para o solo com teor de  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O, respectivamente.

Tabela 19. Resumo das análises de variância referente à variável fitomassa da parte aérea até os 180 DAP da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca. PB, 2008

Fonte de variação		Fitomassa da parte aérea									
		Quadrado médio									
GL		60 DAP	90 DAP	120 DAP	150 DAP	180 DAP					
MO	1	80504,16**	93937,59**	211125,04**	510387,50**	684551,70**					
AD	3	99845,83**	134682,39**	1234,84**	950701,78**	1104458,26**					
Interação	3	395,83 <sup>ns</sup>	1370,23 <sup>ns</sup>	1225,08 <sup>ns</sup>	42965,35 <sup>ns</sup>	8179,94 <sup>ns</sup>					
Blocos	2	10944,79 <sup>ns</sup>	6312,58 <sup>ns</sup>	9507,31 <sup>ns</sup>	35577,64 <sup>ns</sup>	51191,69 <sup>ns</sup>					
Resíduo	14	4234,07	11252,76	4625,29	30872,64	52544,97					
CV %		11,46	16,45	8,50	20,80	13,12					
(AD)		MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2
Reg. Pol. Linear		148006,66**	150000,00**	231732,49**	173419,00*	168974,88**	186517,20**	914196,64**	1938639,70**	1390651,50**	1851667,20**
Reg. Pol. Quad		1008,33 <sup>ns</sup>	75,00 <sup>ns</sup>	420,08 <sup>ns</sup>	12,60 <sup>ns</sup>	6151,74 <sup>ns</sup>	9135,60 <sup>ns</sup>	17221,76	67335,10 <sup>ns</sup>	73461,10	21302,61
Reg. Pol. Cúbica		135,00 <sup>ns</sup>	1500,00 <sup>ns</sup>	2501,31 <sup>ns</sup>	72,38 <sup>ns</sup>	1318,82 <sup>ns</sup>	2031,18 <sup>ns</sup>	43287,57	320,62 <sup>ns</sup>	795,70	36,50
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo		7839,58	1935,41	6600,51	13728,55	2773,78	6585,26	31008,95	34886,18	54486,53	58271,61
<b>Fitomassa g</b>											
5,0 g kg <sup>-1</sup> MO		510,00 b	582,36 b	705,94 b	1088,28 b	1578,82 b					
25,0 g kg <sup>-1</sup> MO		625,830 a	707,49 a	893,52 a	1379,92 a	1916,60 a					
DMS		56,97	92,88	59,94	153,84	200,71					

GL - grau de liberdade; MO – matéria orgânica; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS – diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05); DAP - dias após a poda

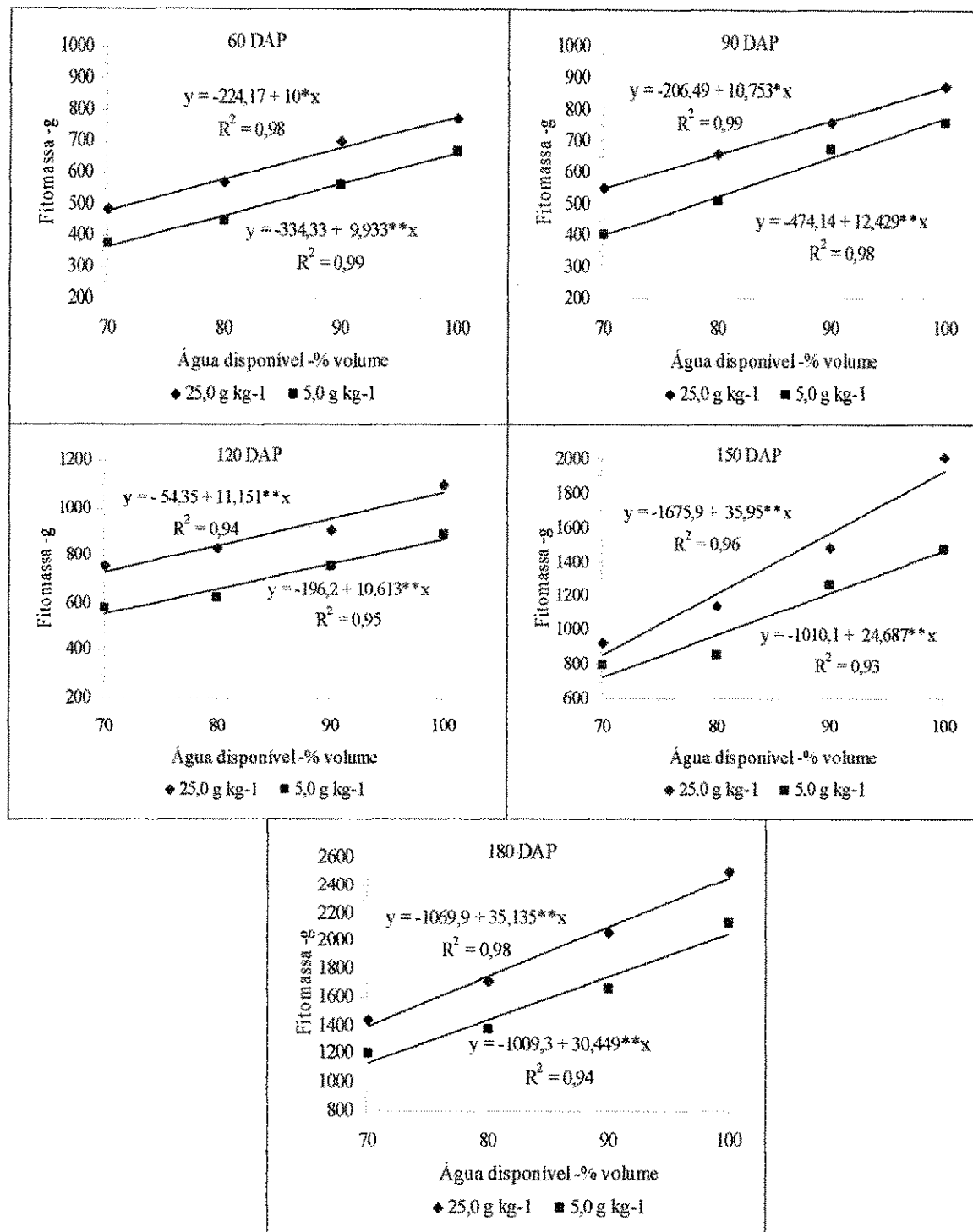


Figura 17. Fitomassa da parte aérea da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo em segundo ciclo

A redução da disponibilidade de água no solo, parece regular a atividade do aparato fotossintético de plantas 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 (SAUSEN, 2007).

O evitamento da desidratação está associado a uma variedade de características adaptativas que envolvem minimizar a perda e maximizar o ganho de água. A perda de água é minimizada pelo fechamento estomático, pela redução da absorção de luz através do enrolamento foliar (SAUSEN, 2007), de uma densa camada de tricomas aumentando a refletância (LARCHER, 2000), 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

Os resultados das análises de variância (ANAVA) para a razão de área foliar se encontram na Tabela 20, verifica que não houve influência significativa da matéria orgânica, mas para a água disponível no solo ela promoveu diferença significativa ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) em todo o ciclo da cultura. As plantas submetidas ao maior conteúdo de água do solo (100% da AD) apresentaram as maiores razões de área foliar (Figura 18) demonstrando serem menos eficientes quanto à sua capacidade fotossintética.

As plantas que foram mantidas à capacidade de campo (100% AD) aos 180 DAS, apresentaram uma razão de área foliar de  $35,14 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , superior à razão de área foliar das plantas submetidas às condições de 90, 80 e 70% da AD, que apresentaram valores de 30,10; 26,14 e  $24,66 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , respectivamente.

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

Durante o desenvolvimento das planta, a atividade fotossintética aumenta com a idade da folha até sua expansão máxima, decrescendo após, até a senescência (PIMENTEL e ROSSIELO, 1995). De acordo Carlesso (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 déficit hídrico no solo, reduz-se a expansão das folhas, acelera a senescência, diminui o índice de área foliar e aumenta a abscisão das folhas.

Os resultados das regressões para este parâmetro são mostrados na Figura 18, é possível verificar que a RAF apresentou diferença significativa com taxa de crescimento linear crescente, à medida em que se eleva a água disponível no solo a qual se manteve constante quando as plantas foram conduzidas sob diferentes conteúdos de água no solo ao longo do ciclo.

Tabela 20. Resumo das análises de variância referente à variável razão de área foliar até os 180 DAP da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca. PB, 2008

Fonte de variação		Razão de área foliar – RAF				
		Quadrado médio				
GL		60 DAP	90 DAP	120 DAP	150 DAP	180 DAP
MO	1	0,40 <sup>ns</sup>	18,76 <sup>ns</sup>	10,72 <sup>ns</sup>	2,73 <sup>ns</sup>	19,22 <sup>ns</sup>
AD	3	130,25**	134,79**	109,6**	121,00**	131,79**
Interação	3	0,79 <sup>ns</sup>	4,10 <sup>ns</sup>	3,07 <sup>ns</sup>	1,24 <sup>ns</sup>	2,71 <sup>ns</sup>
Blocos	2	110,38 <sup>ns</sup>	9,67 <sup>ns</sup>	89,33 <sup>ns</sup>	28,87 <sup>ns</sup>	2,67 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	35,30	15,43	19,17	19,03	19,70
CV %		19,41	14,53	11,78	14,80	15,13
<b>(AD)</b>						
Reg. Pol. Linear		382,38**	384,27**	326,50**	362,54**	375,87**
Reg. Pol. Quad		0,15 <sup>ns</sup>	18,20 <sup>ns</sup>	2,26 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	18,93 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		8,23 <sup>ns</sup>	1,92 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo		35,30	15,43	19,17	19,03	19,70
<b>Tratamentos</b>		<b>cm<sup>2</sup>/g</b>				
<b>5,0 g kg<sup>-1</sup> MO</b>		30,74 a	26,15 a	36,51 a	29,15 a	0,00245 a
<b>25,0 g kg<sup>-1</sup> MO</b>		30,48 a	27,91 a	37,85 a	29,82 a	0,00245 a
<b>DMS</b>		5,20	3,43	3,83	3,82	0,00043

GL - grau de liberdade; MO - matéria orgânica; AD - água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS - diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05); DAP - dias após a poda



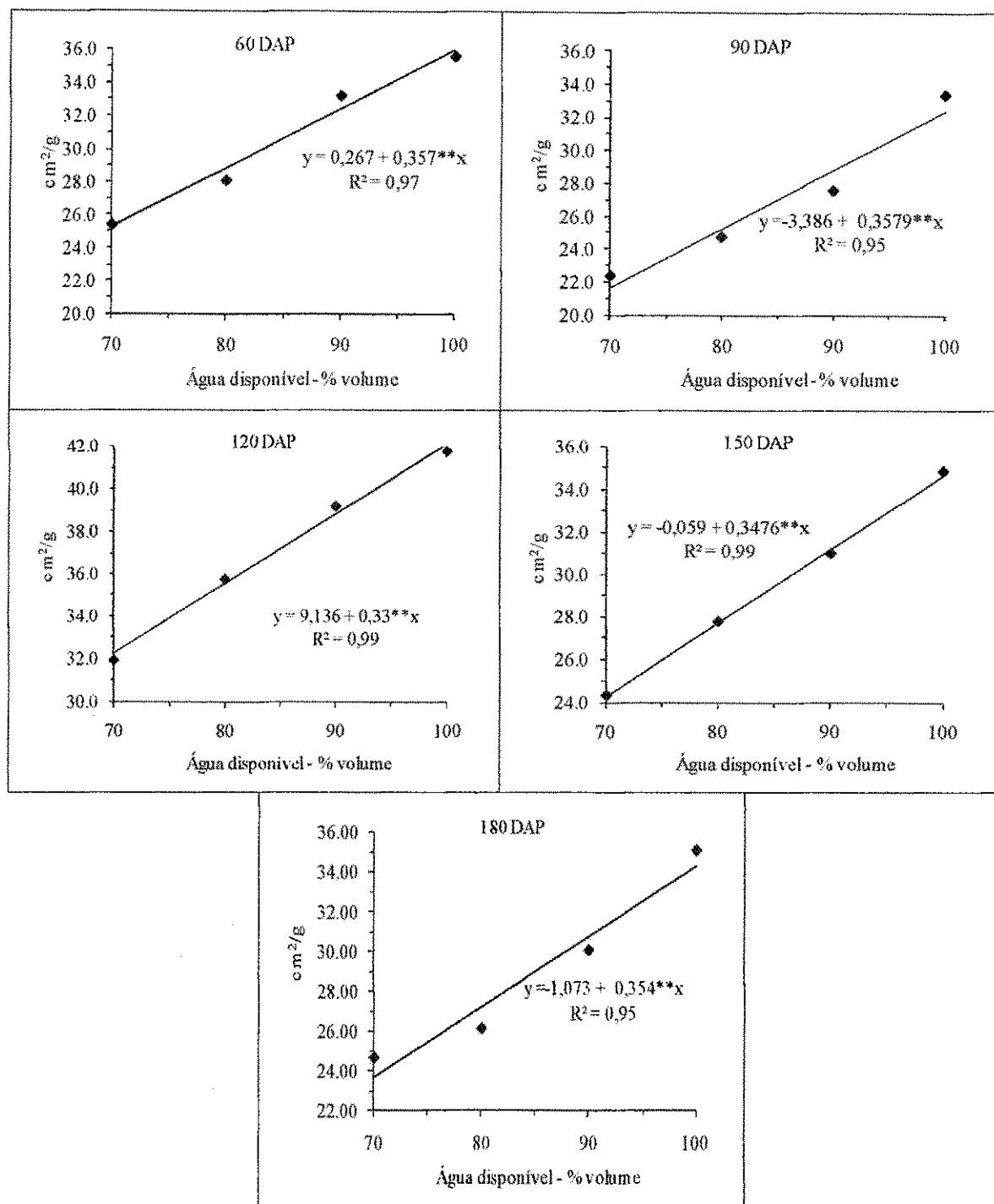


Figura 18. Razão de área foliar da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo em segundo ciclo

### 5.2.6 Número de inflorescências, número de dias para emissão da 1ª inflorescência e altura de emissão da 1ª inflorescência

Os resultados das análises de variância (ANAVA) referente ao número de inflorescências são apresentados na Tabela 21, verifica-se influência significativa da matéria orgânica sobre este parâmetro ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) para todo o ciclo da cultura; as plantas submetidas ao solo com  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O emitiram o maior número de inflorescências que as submetidas a  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O em 22,5; 28,1; 28,2; 21,5 e 25,6% para os 60, 90, 120, 150 e 180 DAP, respectivamente.

Com relação à água disponível no solo, houve diferença significativa ao nível de 1% ( $P < 0,01$ ) durante todo o ciclo da cultura. As plantas cujo tratamento foi mantido a 100% de AD emitiram em média, 38 inflorescências, enquanto as plantas mantidas a 90, 80 e 70 % da AD emitiram, em média, 34, 25 e 22 inflorescências para o solo com teor de matéria orgânica de  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente, enquanto para o solo com teor de matéria orgânica de  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  o número de emissões das plantas mantidas sem estresse hídricos foi de 30,0 inflorescências contra 27, 22 e 17,0 emissões para as plantas mantidas a 90, 80 e 70% de AD, respectivamente. Esses resultados evidenciam a sensibilidade da cultivar de mamona às condições de escassez de água do solo às quais foram submetidas; confirmando os resultados obtidos no segundo ciclo similar aos obtidos em primeiro ciclo.

A área foliar é um importante fator da produção e determina o uso da água pelas plantas e seu potencial de produtividade é severamente inibido quando exposta a déficit hídrico (FERNÁNDEZ et al., 1996). Sob condições de déficit hídrico, o equilíbrio entre a produção de assimilados e a demanda para o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos é severamente afetado pela redução na área foliar fotossinteticamente ativa (GERIK et al., 1996).

As regressões para o fator quantitativo água disponível referente ao número de inflorescências emitidas, são visualizadas através da Figura 19, onde constata-se que o número de emissões aumentou linearmente à medida em que se elevou a disponibilidade de água no solo, com variações de 0,23 a 0,56 unidades para cada aumento unitário do percentual de água no solo com teor de  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O e de 0,23 a 0,56 unidades para o solo com teor de  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  de M.O, dos 60 aos 180 DAP, respectivamente.

Tabela 21. Resumo das análises de variância referente à variável número de inflorescência, até os 180 DAP da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca. PB, 2008

Fonte de variação		Número de Inflorescência									
		Quadrado médio									
	GL	60 DAP	90 DAP	120 DAP	150 DAP	180 DAP					
MO	1	2,62 **	3,04 **	0,79**	7,62**	1,79**					
AD	3	16,66 **	54,00 **	104,16**	92,04**	228,16**					
Interação	3	42,27 <sup>ns</sup>	75,44 <sup>ns</sup>	87,44 <sup>ns</sup>	106,37 <sup>ns</sup>	254,50 <sup>ns</sup>					
Blocos	2	3,00 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	3,83 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	6,27 <sup>ns</sup>					
Resíduo	14	1,14	2,56	5,55	6,81	13,83					
CV %		14,76	13,16	14,00	12,97	13,82					
(AD)		MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2
Reg. Pol, Linear		36,81**	84,01**	96,26**	101,40**	88,81**	176,81**	153,60**	150,41**	290,40**	470,40**
Reg. Pol, Quad		6,75*	4,08 <sup>ns</sup>	16,33*	3,00 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	5,33 <sup>ns</sup>	10,08 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>
Reg. Pol, Cúbica		1,35 <sup>ns</sup>	2,81 <sup>ns</sup>	8,06 <sup>ns</sup>	4,26 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	7,35 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	19,26 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo		0,88	1,30	1,30	4,63	2,77	4,25	6,33	6,80	14,19	16,25
Unidades											
5,0 g kg <sup>-1</sup> MO		7,41 b	10,66 b	14,75 b	18,16 b	23,83 b					
25,0 g kg <sup>-1</sup> MO		9,08 a	13,66 a	18,91 a	22,08 a	30,00 a					
DMS		1,06	1,40	2,06	2,28	3,25					

GL - grau de liberdade; MO - matéria orgânica; AD - água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS - diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05); DAP - dias após a poda

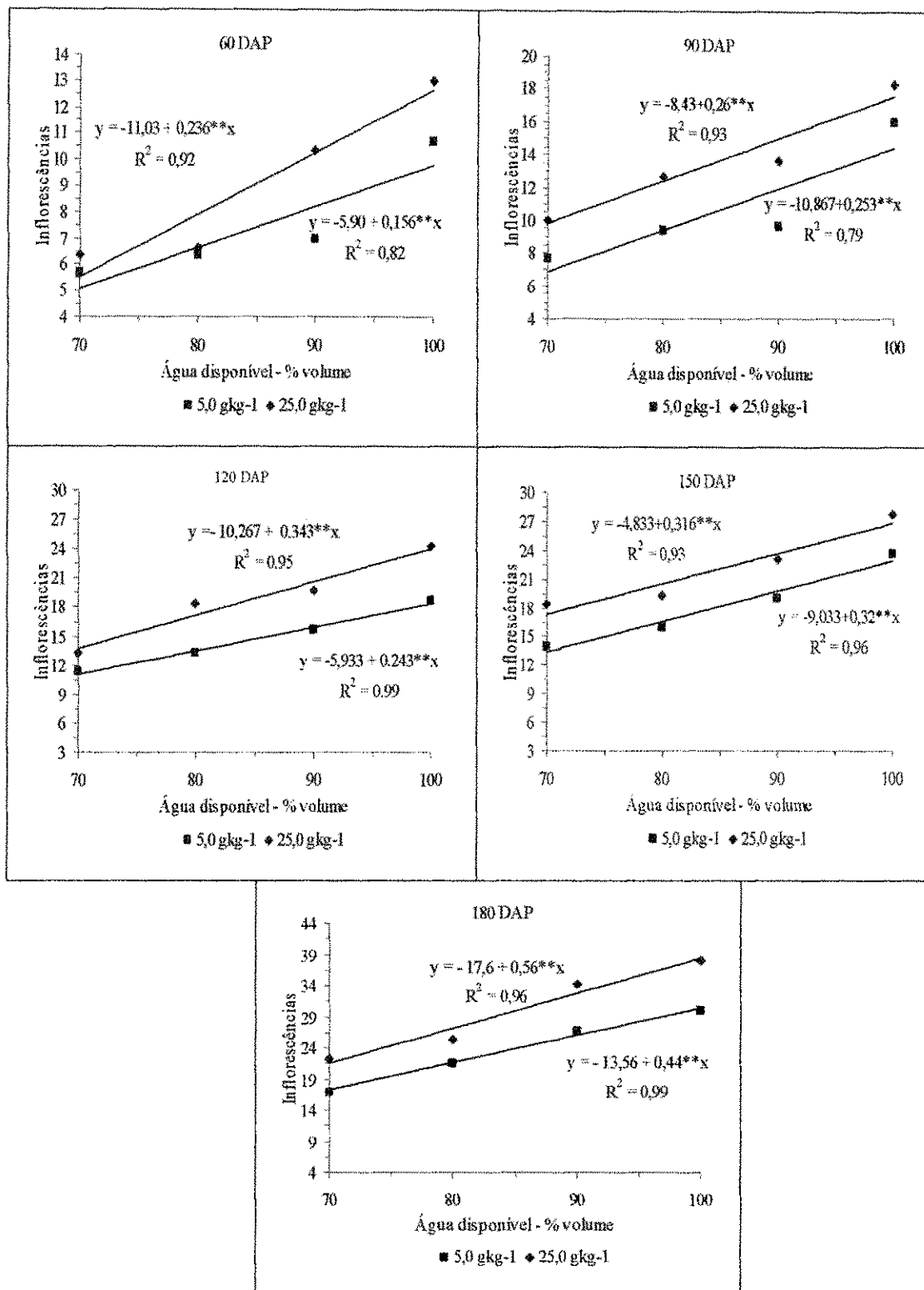


Figura 19. Número de inflorescência da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo em segundo ciclo

Os resultados das análises de variância (ANAVA) referentes ao número de dias para emissão da 1ª inflorescência (NDEI), são apresentados na Tabela 22; a matéria orgânica presente no solo não influenciou significativamente esta variável. Verifica-se que, para os diferentes níveis de água disponível no solo houve diferença estatística significativa ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ). O tratamento mantido a 100% de AD emitiu sua primeira inflorescência em menos tempo que os demais tratamentos, aos 31 dias; enquanto os tratamentos mantidos a 90 80 e 70% da AD emitiram, aos 34; 35 e 38 dias, respectivamente. A primeira emissão para o tratamento submetido a 100% de AD ocorreu 6 dias a menos que no primeiro ciclo, o mesmo comportamento ocorreu para os demais tratamentos submetidos a estresse hídrico que apresentaram, em média de 4,0 a 5,0 dias a menos.

Tabela 22. Resumo das análises de variância referente à variável número de dias para a emissão da primeira inflorescência e altura da primeira inflorescência da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca. PB, 2008

Fonte de variação	GL	Nº de dias para emissão	Altura da emissão da 1ª
		da 1ª inflorescência	inflorescência
		Quadrado médio	
MO	1	2,04 <sup>ns</sup>	137,34 <sup>ns</sup>
AD	3	38,15**	582,23 **
Interação	3	3,48 <sup>ns</sup>	84,57 <sup>ns</sup>
Blocos	2	1,12 <sup>ns</sup>	13,56 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	4,31	38,08
CV %		6,04	12,82
(AD)			
Reg. Pol. Linear		106,40**	1642,06 **
Reg. Pol. Quad		0,04 <sup>ns</sup>	56,12 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		8,00 <sup>ns</sup>	48,51 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo		4,31	38,08
		Dias	Altura – cm
<b>5,0 g kg<sup>-1</sup> MO</b>		34,66 a	68,71 a
<b>25,0 g kg<sup>-1</sup> MO</b>		34,08 a	74,09 a
<b>DMS</b>		1,81	5,40

GL - grau de liberdade; MO – matéria orgânica; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS – diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ ); DAP - dias após a poda

As regressões para os diferentes níveis de água disponível referente ao número de dias para a emissão da primeira inflorescência são visualizados através da Figura 20. Verificam-se decréscimos de 0,18 dias para cada aumento unitário do percentual de água no solo.

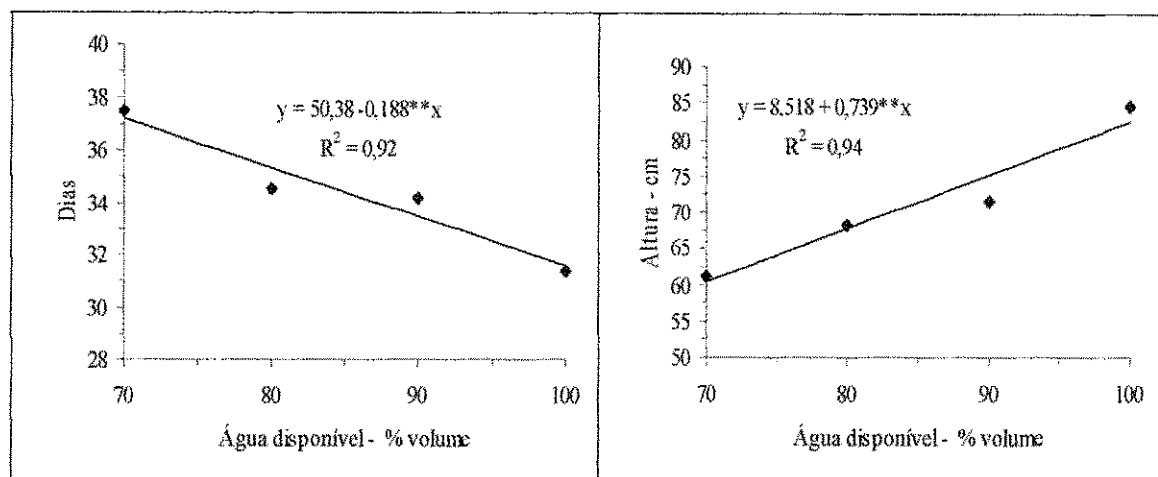


Figura 20. Número de dias para emissão da 1ª inflorescência, altura de emissão da 1ª inflorescência da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo em segundo ciclo

Verifica-se, a partir dos resultados das análises de variância (ANAVA) e conforme Tabela 22, que a altura da emissão da 1ª inflorescência (AEI) não houve diferença estatística significativa para os diferentes teores de matéria orgânica no solo, enquanto que para a água disponível no solo, esta influenciou ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ); as plantas conduzidas sem estresse hídrico emitiram sua primeira inflorescência a 84,67 cm de altura, enquanto para as que foram conduzidas a 90, 80 e 70 % da AD a altura foi de 71,7 68,1 e 61,2 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.

Na Figura 20 verifica-se o comportamento linear crescente para a altura da primeira inflorescência com acréscimos de 0,74 cm de altura para cada aumento unitário do percentual de água no solo.

### 5.2.7 Produtividade média de frutos

A produtividade média de frutos da mamoneira foi influenciada significativamente ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) para os diferentes teores de matéria orgânica no solo. A produtividade média obtida pelas plantas cultivadas no solo com teor de 25,0 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica, foi superior em 38,1% à produtividade média obtida pelas plantas submetidas a 5,0 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica. Os resultados das análises de variância (ANAVA) podem ser visualizados através da Tabela 23. A água disponível no solo influenciou significativamente ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ), a produtividade média.

Tabela 23. Resumo das análises de variância referente à variável produtividade média de frutos, até os 180 DAP da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca. PB, 2008

FV	GL	Quadrado médio	
MO	1	5836203,41*	
AD	3	6059513,77**	
Interação	3	219810,64 <sup>ns</sup>	
Blocos	2	365568,34 <sup>ns</sup>	
Resíduo	14	730244,18	
CV %		27,74	
(AD)	MO1	MO2	
Reg. Pol. Linear	6691109,02**	11732220,45**	
Reg. Pol. Quad	191271,27 <sup>ns</sup>	16158,27 <sup>ns</sup>	
Reg. Pol. Cúbica	10264,92 <sup>ns</sup>	196949,27 <sup>ns</sup>	
Desvio	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	
Resíduo	497728,58	1169480,63	
Tratamentos	Produtividade de frutos - kg ha <sup>-1</sup>		
5,0 g kg <sup>-1</sup> MO	2587,42 b		
25,0 g kg <sup>-1</sup> MO	3573,67a		
DMS	784,24		

GL - grau de liberdade; MO - matéria orgânica; AD - água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS - diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ ); DAP - dias após a poda

A resposta integrada da planta incluindo a assimilação de carbono, a alocação de fotoassimilados para diferentes partes da planta e a habilidade reprodutiva, possibilita a sobrevivência e a manutenção, em condições de estresse (PEREIRA e CHAVES, 1993

apud SAUSEN, 2007). Essas respostas podem ter influência negativa sobre a assimilação de carbono, crescimento e produção. As diferenças entre as espécies no crescimento e sobrevivência podem ser causadas mais provavelmente por diferenças na capacidade para a aquisição de água e transporte do que por drásticas diferenças no metabolismo (CHAVES et al., 2002 apud SAUSEN, 2007). Todavia, a assimilação de carbono sempre decresce em condições de estresse hídrico, como consequência de limitações à difusão de  $\text{CO}_2$  na folha, do desvio da alocação de carbono para órgãos não fotossintetizantes e moléculas de defesa ou de mudanças na bioquímica foliar que resultam em redução na fotossíntese.

A regressão para o fator quantitativo água disponível referente à produtividade média de frutos, é visualizada na Figura 21, apresentando tendência linear crescente com diferença acentuada entre os tratamentos, com acréscimos de  $88,43 \text{ kg ha}^{-1}$  de frutos para a condição de  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  e de  $66,78 \text{ kg ha}^{-1}$  de frutos para a condição de  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  para cada aumento unitário de água disponível.

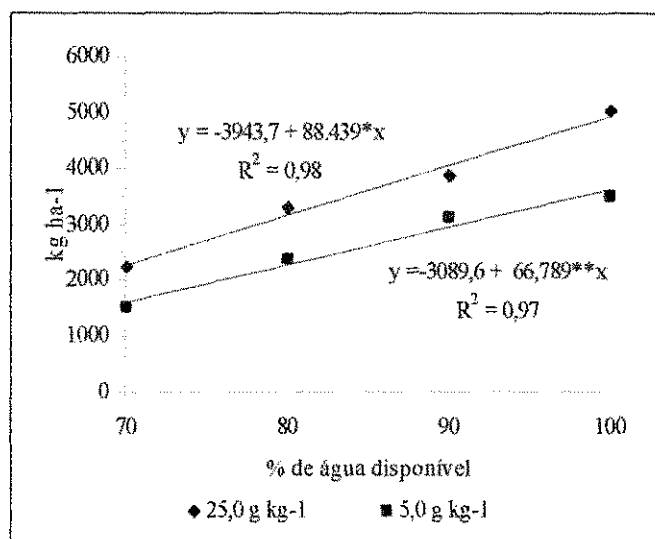


Figura 21. Produtividade média de frutos da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo em segundo ciclo

Os rendimentos para a condição de rebrote da mamoneira de  $4.994,26 \text{ kg ha}^{-1}$  (100% de AD, a  $25 \text{ g kg}^{-1}$  de MO) e de  $3.449,92 \text{ kg ha}^{-1}$  (100% de AD, a  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  de MO), foram ligeiramente inferiores aos das produtividades encontradas para o primeiro ciclo da cultura caracterizando a viabilidade técnica da poda da mamoneira para o estabelecimento de produções em condições de um novo ciclo.



Pontes et al. (2010), ao analisarem o potencial produtivo da cultivar Paraguaçu em condições irrigadas, obtiveram o máximo valor estimado de 2.698,06 kg ha<sup>-1</sup>, 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<sup>-1</sup>; este resultado se deve à disponibilidade hídrica de 1.288 mm e Freitas (2009), que encontrou um resultado de 2.872,48 kg ha<sup>-1</sup>, correspondente à lâmina máxima de 913,45 mm.

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

Os resultados das análises de variância (ANAVA) para o peso médio de 100 frutos se encontram na Tabela 24; verifica-se que não houve diferença significativa do fator matéria orgânica no solo sobre esta variável. Com relação à água disponível do solo, esta influenciou significativamente ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ), onde o peso médio de 100 frutos produzidos pelas plantas para o solo mantido à capacidade de campo (100% AD), foi de 390,65 g, superior ao peso médio dos frutos produzidos por plantas mantidas a 90; 80 e 70% AD, que foram de 370,40; 352,44 e 340,48 g, respectivamente.

Tabela 24. Resumo das análises de variância referente às variáveis: peso médio de 100 frutos (P100F), peso médio de 100 sementes (P100S) e relação semente/frutos até os 180 DAP da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca, PB, 2008

Fonte de Variável		Quadrado médio		
	GL	P100F	P100S	Relação semente/fruto
MO	1	80,15 <sup>ns</sup>	2,41 <sup>ns</sup>	0,000693 <sup>ns</sup>
AD	3	2984,14*	88,66 *	0,0006147 *
Interação	3	21,83 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,000106 <sup>ns</sup>
Blocos	2	1118,82 <sup>ns</sup>	7,61 <sup>ns</sup>	0,001858 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	975,49	26,94	0,001486
CV %		8,59	6,79	5,91
(AD)		P100F	P100S	Relação semente/fruto
Reg. Pol. linear		8820,93**	257,48**	0,0169 *
Reg. Pol. Quad		129,27 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	0,0006 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbic		2,21 <sup>ns</sup>	7,33 <sup>ns</sup>	0,0008 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>
Resíduo		975,498	26,94	0,0014
		Peso – g	Peso – g	g/g
5,0 g kg <sup>-1</sup> MO		365,57 a	76,18 a	0,657 a
25,0 g kg <sup>-1</sup> MO		361,57 a	76,82 a	0,646 a
DMS		27,34	4,54	0,033

GL - grau de liberdade; MO – matéria orgânica; AD – água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS – diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ ); DAP - dias após a poda

A regressão para o fator quantitativo água disponível referente ao peso médio de 100 frutos é mostrada na Figura 22; verifica-se que a tendência para o aumento do peso médio dos frutos é linear com variação de 1,71 g para cada aumento unitário de água disponível.

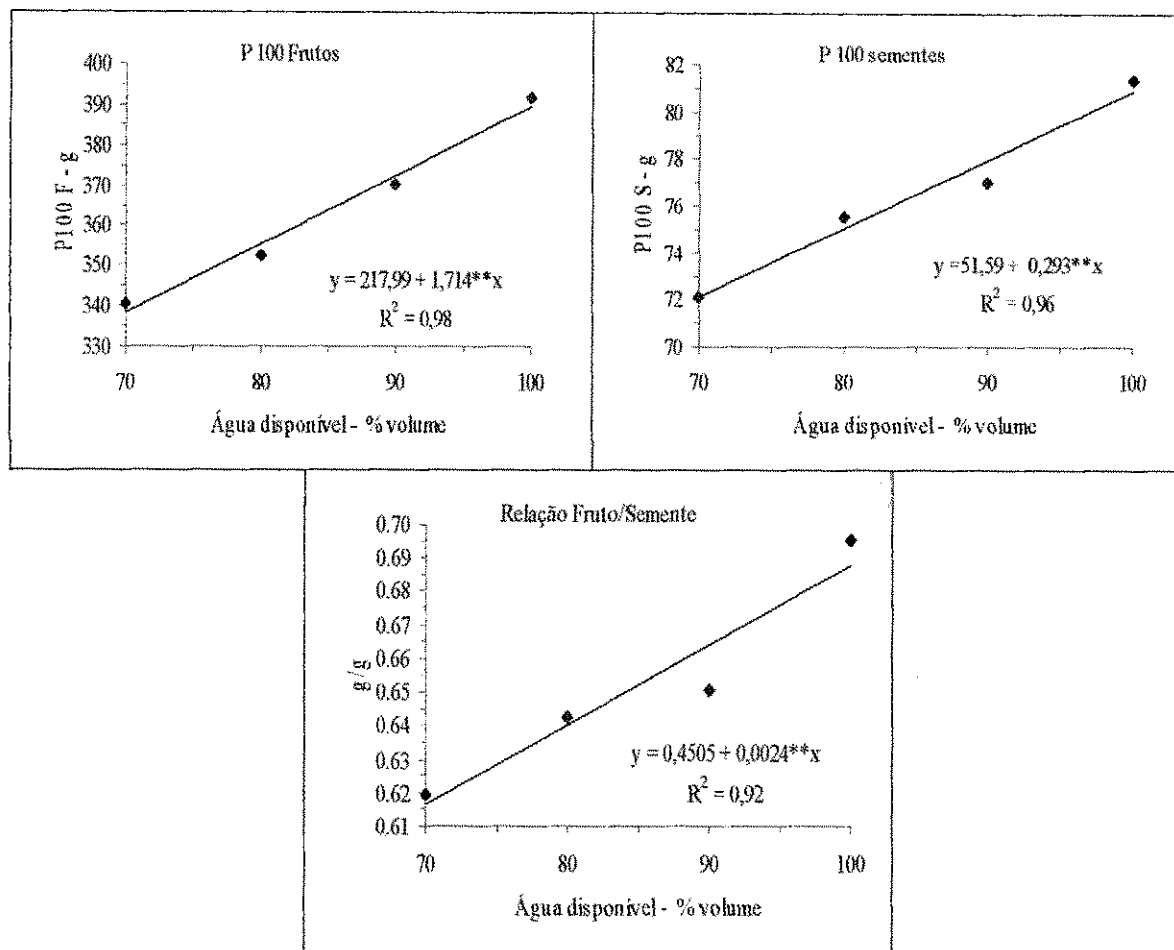


Figura 22. Peso médio de 100 frutos, peso médio de 100 sementes e relação fruto/semente da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função de diferentes níveis de matéria orgânica e água disponível do solo em segundo ciclo

Os resultados das análises de variância para o peso médio de 100 sementes também são apresentados na Tabela 24; verifica-se que houve influência significativa ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) apenas para o conteúdo de água disponível no solo. Conforme Figura 22, o valor médio do peso de 100 sementes obtido para o tratamento submetido a 100% de água disponível foi de 81,37 g e para as que foram produzidas em plantas submetidas aos tratamentos de 90, 80 e 70% da AD, o peso médio foi de 77,01, 75,56 e 72,08 g, respectivamente, valores esses ligeiramente superiores aos obtidos no primeiro ciclo. A regressão para o peso médio de 100 sementes também pode ser visualizada na

Figura 22, em que ocorreram acréscimos de 0,29 g para cada aumento unitário de água disponível no solo para o peso médio de 100 sementes.

Para a relação semente/fruto, os referidos resultados das análises de variância também são apresentados na Tabela 24; somente a água disponível no solo influenciou significativamente ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ). O tratamento submetido a 100% de água disponível teve rendimento de sementes de 0,70, enquanto para a condição em que as plantas foram cultivadas aos níveis de 90, 80 e 70% da AD, esta relação foi de 0,65, 0,64 e 0,61, respectivamente. Na Figura 22, se encontra a regressão para este parâmetro; à medida se eleva a água disponível no solo para as plantas, esta relação aumenta a uma razão de 0,0024 para o aumento unitário de água disponível. Os resultados obtidos condizem com os obtidos para o primeiro ciclo, o que caracteriza o padrão de elevada qualidade das sementes produzidas pela mamoneira, a partir de seu rebrote.

### 5.2.9 Teor de óleo

Na Tabela 25 são apresentados os resultados das análises de variância (ANAVA) para o teor de óleo das sementes. Constata-se que não houve influência significativa da matéria orgânica no solo sobre o teor de óleo; entretanto, no tocante aos diferentes níveis de água a que foram submetidas as plantas, houve diferença estatística significativa ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) para o teor de óleo presente em suas sementes.

Tabela 25. Resumo das análises de variância referente à variável teor de óleo das sementes da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca, PB, 2008

		Teor de Óleo -%
FV	GL	Quadrado médio
MO	1	1,74 <sup>ns</sup>
AD	3	4,70 <sup>*</sup>
Interação	3	0,61 <sup>ns</sup>
Blocos	2	3,10 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	1,19
CV %		2,12
<b>(AD)</b>		
Reg. Pol. Linear		9,12 <sup>*</sup>
Reg. Pol. Quad		2,23 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		2,73 <sup>ns</sup>
Desvio		0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo		1,19
		Teor de óleo - %
<b>5,0 g kg<sup>-1</sup> MO</b>		51,92 a
<b>25,0 g kg<sup>-1</sup> MO</b>		51,38 a
<b>DMS</b>		0,95

GL - grau de liberdade; MO - matéria orgânica; AD - água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 - 5,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; MO2 - 25,0 g kg<sup>-1</sup> M.O; DMS - diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ ); DAP - dias após a poda.

A redução da disponibilidade hídrica do solo provocou reduções no teor de óleo; as sementes produzidas pelas plantas conduzidas a 100 % de AD apresentaram em média teor de óleo de 52,32%, enquanto os tratamentos que foram submetidos a estresse hídrico por deficiência, apresentaram teores médios de 51,78, 50,85 e 50,29% de óleo, para os níveis de 90, 80 e 70% da AD, respectivamente. A cultivar de mamona apresentou teor

de óleo em suas sementes superior ao encontrado para o primeiro ciclo de desenvolvimento da cultura; este parâmetro, juntamente com os demais através dos quais se aaliou a qualidade da produção, só confirma a capacidade produtiva em termos quantitativos e qualitativos da mamoneira, mediante realização de um novo ciclo obtido através de uma poda drástica.

A regressão para o fator quantitativo água disponível se encontra na Figura 23; observa-se que, à medida em que se elevou o conteúdo de água disponível no solo, o teor de óleo apresentou tendência linear crescente, cujo acréscimo foi de 0,06% de óleo para cada aumento unitário de água disponível.

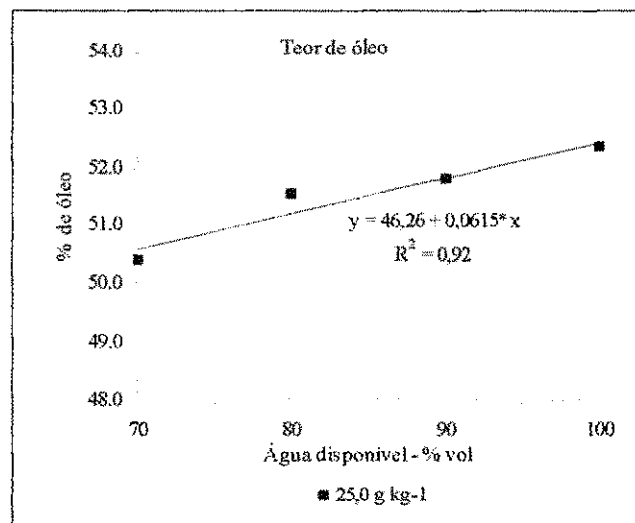


Figura 23. Teor de óleo das sementes da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo

### 5.2.10 Volume de água aplicado e eficiência de uso de água

Na Tabela 26 são dispostos os resultados das análises de variância (ANAVA) do volume de água aplicado e da eficiência do uso de água; constata-se que houve diferença significativa ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) entre os diferentes níveis de matéria orgânica no solo. O volume médio de água aplicado por plantas submetidas ao nível de  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  de matéria orgânica no solo foi superior ao volume das que foram submetidas a  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$ . Constatam-se diferenças significativas ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) referentes à variação da água disponível no solo, para as plantas; plantas mantidas a capacidade de campo ao nível de matéria orgânica de  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  tiveram volume aplicado médio de  $0,7918 \text{ m}^3$  (1.319 mm), enquanto para o tratamento com teor de matéria orgânica de  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$ , foi de  $0,8070 \text{ m}^3$  (1.450 mm).

Tabela 26. Resumo das análises de variância referente às variáveis: Volume de água aplicado e eficiência de uso de água da cultivar BRS 188 – Paraguaçu - 2º ciclo. Lagoa Seca, PB, 2008

Fonte de variação	GL	Volume de água aplicado		Eficiência de consumo	
		Quadrado médio			
MO	1	0,03 *		0,576**	
AD	3	0,10**		0,582**	
Interação	3	0,01 <sup>ns</sup>		0,0406 <sup>ns</sup>	
Blocos	2	1,38 <sup>ns</sup>		0,198 <sup>ns</sup>	
Resíduo	14	0,01		0,072	
CV %		12,40		11,49	
(AD)		MO1	MO2	MO1	MO2
Reg. Pol. Linear		0,061**	0,063**	0,791 **	0,842 **
Reg. Pol. Quad		0,002 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,221 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>
Reg. Pol. Cúbica		0,001 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>
Desvio		0,000 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,053 <sup>ns</sup>
Resíduo		0,000	0,000	0,103	0,103
		$\text{m}^3$		$\text{kg m}^{-3}$	
<b>5,0 g kg<sup>-1</sup> MO</b>		0,952 b (1580,0 mm)		2,185 b	
<b>25,0 g kg<sup>-1</sup> MO</b>		1,023 a (1.700,0 mm)		2,495 a	
<b>DMS</b>		0,06		0,235	

GL - grau de liberdade; MO - matéria orgânica; AD - água disponível; CV - coeficiente de variação; MO1 -  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  M.O.; MO2 -  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  M.O.; DMS - diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ ); DAP - dias após a poda

Com relação à variável eficiência do uso da água e conforme a Tabela 26, verifica diferença estatística significativa da matéria orgânica do solo ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ). As plantas submetidas ao nível de matéria orgânica correspondente a  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  apresentou eficiência média de  $2,18 \text{ kg m}^{-3}$  enquanto o nível de matéria orgânica  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  apresentou eficiência de  $2,49 \text{ kg m}^{-3}$ . As plantas submetidas ao maior nível de água disponível apresentaram maior capacidade de conversão de água consumida em produção de fitomassa; os resultados obtidos confirmam a eficiência de uso da água da mamoneira, cujo comportamento se assemelha aos dos obtidos durante o primeiro ciclo.

A representação gráfica das regressões obtidas para a quantidade de água aplicada e eficiência de uso de água da cultivar de mamona, é visualizada na Figura 24, a seguir. O comportamento foi linear para a quantidade de água aplicada e para a eficiência do uso de água, obtendo-se incrementos de  $0,0064$  e  $0,0065 \text{ mm}$  no volume aplicado para cada aumento unitário em percentual de volume de água disponível no solo, para a condição de  $5,0$  e  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$  de MO, respectivamente. Para a eficiência de uso de água obtiveram-se 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.

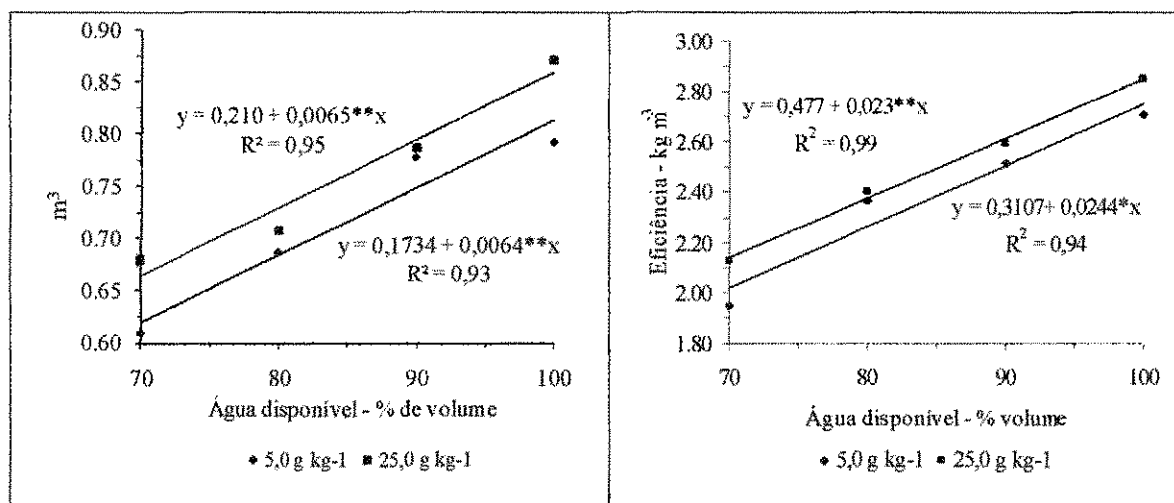


Figura 24. Volume de água aplicado e eficiência do uso da água da mamoneira BRS 188-Paraguaçu, em função da matéria orgânica e água disponível do solo em segundo ciclo

O índice de eficiência de consumo de água obtido pelo tratamento mantido a 100% AD ( $2,68$  e  $2,65 \text{ kg m}^{-3}$ ), demonstra o potencial produtivo da cultivar, que se apresenta sensível em sua resposta à água, quando associado a um manejo adequado, concomitante à utilização dos demais insumos necessários ao pleno desenvolvimento da cultura e um potencial maior de produção de frutos por área cultivada.



## 6. CONCLUSÕES

1. A adição de matéria orgânica ao solo promoveu benefícios significativos no crescimento, desenvolvimento e produtividade da mamoneira, cultivar BRS 188 – Paraguaçu, nos primeiro e segundo ciclos.
2. A irrigação com níveis ascendentes de água disponível no solo aumentou significativamente todas as variáveis de crescimento e desenvolvimento da mamoneira.
3. A eficiência da mamona para transformar a água consumida em fitomassa, frutos e sementes, aumentou com a adição da matéria orgânica e água disponível no solo, evidenciando a importância desses insumos no comportamento da cultivar.
4. O conteúdo de água do solo influenciou significativamente na produção da mamoneira, tanto quantitativa como qualitativamente. Quando não submetidas ao estresse hídrico, a mamoneira é mais eficiente na conversão de água consumida em fitomassa, proporcionando maiores produtividades.
5. A água disponível promoveu alterações significativas nos processos fisiológicos essenciais à produtividade da mamoneira; assim, as plantas submetidas aos tratamentos de 70 e 80% de água disponível no solo, apresentaram reduções substanciais na produção.
6. O segundo ciclo da cultura obtido a partir da poda, apresentou crescimento, desenvolvimento e capacidade produtiva semelhantes aos do primeiro ciclo, com elevado padrão de qualidade do produto final.

## 7. REFERÊNCIAS

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

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

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).

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

AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA – Algodão. 2001. 350p.

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

BARKER, R. E. FRANK, A. B. & BERDAHL, J. D. Cultivar and clonal differences for water use efficiency and yield in four forage grasses. **Crop Sci.** v.29. p. 58-61. 1989.

BARRETO, M. C. de V. **Degradação da fração orgânica de diferentes resíduos e efeitos em algumas propriedades químicas e físicas de dois solos**. Piracicaba. 1995.

106p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo.

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

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

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da material orgânica. In: SATOS, G. A. *et al.* (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica de solo.** 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Metrópole. 2008.

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

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

BELTRÃO, N. E. de M.; ALVES, G. da S.; LUCENA, A. M. A. de; OLIVEIRA, M. I. P. de. Mudanças morfofisiológicas na mamoneira cultivar BRS Nordestina em função do ambiente e do seu ciclo de vida. In: CONGRESO BRASILEIRO DA MAMONA. III. 2008. Salvador. BA. **Anais.** Salvador: 2008. CD-ROM.

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

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

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

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

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

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

BOUMA, J.; HOLE, F.D. **Soil structure and hydraulic conductivity of adjacent virgin and cultivated pedons at two sites: A typic argiudoll (silt loam) and a typic eutrochrept (clay).** Proceedings Soil Science Society of America. Madison. v.35. p.316-319. 1971.

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

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

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

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 de; LIMA, E. F. (Org.) **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologias. (org.). 2001. p. 89- 120.

CIRUCLAR TÉCNICA Nº 77 – EMBRAPA Algodão – Campina Grande. 2004. 20 p. il.

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

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

EMBRAPA – CNPA. 2001. [www.geranegocio.com.br/html/geral/mamona/brs149.html](http://www.geranegocio.com.br/html/geral/mamona/brs149.html)

EMBRAPA – **O cultivo sustentável da mamona no semi-árido Brasileiro**. Campina Grande: EMBRAPA ALGODÃO. 2005. 23p. (Circular técnica. 84).

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

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

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

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

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

FELIPPE, G. M. Desenvolvimento. In: FERRI, M.G (coord.). **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: EPU / EDUSP. 1979.

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

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; DANTAS, J. P.; SEVERINO, L. S. Eficiência comparativa da adubação orgânica nas características morfológicas da mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA. 1.. 2004. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004. CD-ROM.

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

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

FREITAS, C. A. S. de. **Comportamento de três cultivares de mamona a cinco níveis de irrigação por gotejamento em Pentecoste - CE**. Dissertação (Mestrado em

Agronomia-Área de Concentração Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 68p. 2009.

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

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

GONDIM, T. M. de S.; NOBREGA, 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.

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

GUIMARÃES, M. M. B.. ALBUQUERQUE, R. C.. LUCENA, A. M. A. de.. FREIRE, M. A. O.; BELTRÃO, N. E. de M.. SEVERINO, L. S. Fontes orgânicas de nutrientes e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da mamoneira. PB. In: Congresso Brasileiro de Mamona. 4.. 2010. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Embrapa Algodão. 2010. CD – ROM.

GUINN, G; MAUNEY, J. R. Fruiting of cotton. I. Effects of plant moisture status on flowering. **Agonomy 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.

HEMMERLY, F. X. **Mamona**: Comportamento e Tendências no Brasil. Brasília. EMBRAPA. 69p. 1981. (EMBRAPA-DTC. Documento. 2).

HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social**. Brasília: Câmara dos Deputados. Coordenação de Publicações. 2004.

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

HUE, N. V. Correcting soil acidity of a highly weathered ultisol with chicken manure and sewage sludge. *Soil Science Plant Analyses*. v. 23. n. 34. p. 241-264. 1992.

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

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.

JANICK, J. **A Ciência da horticultura**. USAID. Rio de Janeiro. 1966. 485p.

KAISER, K. & ZECH, W. Sorption of dissolved organic nitrogen by acid subsoil horizons and individual mineral phases. *Eur. J. Soil Sci.*. 51: p.403-411. 2000.

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

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

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

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



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

KUMAR, S.; MALIK, R. S.; DAHIYA, I. S. Influence of different organic wastes upon water retention, transmission and contact characteristics of a sandy soil. **Australian Journal of Soil Reserch**. v.23. p.131-136. 1985.

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

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: Prado, C. H. B. A. São Carlos. RIMA. 2000. 531p.

LAURETI, D. Fabbisogni idrici del ricino (*Ricinus communis* L.) mediante l'impiego di coefficienti colturali e de deficit idrico. **Agroindustria**. Itália. v.1. n.3. p.165-167. 2002.

LAURETI, D. MARRAS, G. Irrigation of castor (*Ricinus communis* L) in Italy. **Eur. J. Agron**. 4. 229-235. 1995.

LE POIDEVIN, N.; ROBINSON, L. A. Métodos de diagnósticos foliares utilizados nas plantações do grupo Booken na Guiana inglesa: amostragem e técnica de análises. **Fertilité**. n.21. p.3-11. 1964.

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

LEVITT, J. **Response of plants to enviropmental 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. 509 p.

MACCARTHY, P. The Principles of humic substances. **Soil Science**. V.166. n.11. p.739-751. 2001.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2ed. Piracicaba: Potafos. 1997. 201p.

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

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

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

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

MEDEIROS, J. F.; PEREIRA, W.; MIRANDA, J. E. C. Análise de crescimento em duas cultivares de batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam.). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Brasília. v.2. p.23-29. 1990.

MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo** - 3. a. edição.; Porto Alegre. Gênese. 2006.

Ministério da Agricultura. Pecuária e Abastecimento (MAPA). Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 20 nov. 2005.

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

MOLOKOBATE, M.S.; HAYNES, R.J. A glasshouse evaluation of the comparative effects of organic amendments. lime and phosphate on alleviation of Al toxicity and P deficiency in an Oxisol. **Journal of Agricultural Science**. v. 140. p. 409-417. 2003.

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.

MOSHKIN, V. A. **Castor**. New Delhi: Amerind. 1986. 315p.

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

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

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L.; **FERTILIDADE DO SOLO**. Viçosa. MG. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. 2007

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa. v. 2. p. 393-486. 2002

ORTOLANI, A. A.; CAMARGO, M. B. P, Influência dos fatores climáticos na produção. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato. 1987.

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

PÁDUA, H. B. Magnésio & Ferro / Clorofila & Hemoglobina – relações e semelhanças. In: CAVALCANTI, R. **Mitos da Água**. São Paulo: Cultrix. 1998. 264 p

PERSPECTIVA, 1995. Belo Horizonte. MG. **Anais...** EMBRAPA/CNPMS. 1995. v.1. 449p. p.131-146.

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

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

PONS, A. L. **Importância da Matéria Orgânica no solo.** IPAGRO INFORMA. Rio Grande do Sul. 1980.; 96-109p.

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.

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

PRATES, C. P. T.; PIEROBON, E. C.; COSTA, R. C. DA.; **FORMAÇÃO DO MERCADO DE BIODIESEL NO BRASIL.** BNDES Setorial. Rio de Janeiro. n. 25. p. 39-64. mar. 2007

PRIMO, D. C.; JESUS, K. N. de.; SILVA, T. O.; SANTOS; L. G. dos.; PEDROSA, K. M. M.; Avaliação de diferentes fontes de adubos orgânicos n o cultivo da mamoneira. In: Congresso Brasileiro de Mamona. 4.. 2010. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Embrapa Algodão. 2010. CD –ROM.

POPOVA, G. M.; MOSHKIN, V. A. Botanical classification. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind. 1986.

RAWLS, W. J.; PACHEPSKY, Y. A.; RITCHIE, J. C.; SOBECKI, T. M. & BLOODWORTH, H. **Effect of soil organic carbon on soil water retention**. *Geoderma*. 116:61-76. 2003.

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

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

RODRIGUES, J. D. **Análise de crescimento de plantas de soja (*Gycine max. L. Merri*) Submetidas à carências nutricionais**. Rio Claro. 165p. 1982. (Dissertação de Mestrado).

RODRIGUES, L. N.; NERY, A. R.; CARVALHO, A. de P.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento da mamoneira em altura e diâmetro caulinar irrigada com esgoto doméstico sob diferentes níveis de reposição da evapotranspiração. In: Congresso Brasileiro de Mamona. 2.. 2006. Aracajú. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão. 2006. CD –ROM. (a)

RODRIGUES, L. N.; NERY, A. R.; CARVALHO, A. de P.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento foliar da mamoneira irrigada com esgoto doméstico sob diferentes níveis de reposição da evapotranspiração. In: Congresso Brasileiro de Mamona. 2.. 2006. Aracajú. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão. 2006. CD – ROM. (b)

ROSENTHAL, W. D.; ARKIN, G. F.; SHOUSE, P. L. Water deficit effects on transpiration and leaf growth. **Agronomy Journal**. Madison. v.79. p.1019-1026. 1987.

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

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: Região semiárida. Simpósio Diretrizes para o Manejo Sustentável dos Solos Brasileiros. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 16. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS. 1997. CD ROM. 1997.

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

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

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)

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

SEVERINO, L. S. **O que sabemos sobre a torta de mamona.** Campina Grande: Embrapa Algodão. 2005. 31p. (Documentos. 134).

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. de A.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M.; VIRIATO, J. R. Poda da mamoneira para cultivo bianual em Assu. RN. In: Congresso Brasileiro de Mamona. 1.. 2004. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004. CD –ROM. (b)

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

SILVA, S. M. S. e. **Germinação, crescimento e desenvolvimento de genótipos de mamoneira irrigados com águas salinas**. Campina Grande. 2004. 74p. (Dissertação de mestrado) Universidade Federal de Campina Grande.

SILVA FILHO, A. V.; SILVA, M. I. V. Uso de ácidos orgânicos na agricultura. In: Seminário. CODA DE NUTRIÇÃO VEGETAL. I. **anais**. Petrolina: Companhia de agroquímicos S.A.. 2002. P. 125-149.

SILVA SUERDIK, S. "Políticas Públicas de Fomento ao Biodiesel na Bahia e no Brasil: **Impactos Sócio-Econômicos e Ambientais com a Regulamentação Recente**". Bahia *Análise & Dados*. Salvador. v. 16. n. 1. p. 65-77. jun. 2006

SILVA, E. L. da; GERVÁSIO, E. S. Uso do instrumento TDR para determinação do teor de água em diferentes camadas de um Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. PB. v3. n3. p.417-420. 1999.

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

SILVA, W. L. de C. e; **Manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. 1994. 60p. CNPH. 1997. 212p.

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

SMITH, J.R.; NELSON, R, L. Relationship between seed filling period and yield among soybean breeding lines. **Crop Science**. Madison. v. 26. p.469-472. 1986.

STEVENSON, F.J. Humus chemistry: **Genesis, composition and reactions**. 2. ed. New York. Jonh Wiley & Sons. 1994. 443p.

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

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Metodologia de análise foliar**. Viçosa. 1997.

VIEIRA, R. M.; LIMA, E. F. DIAGNÓSTICO E PERSPECTIVAS DA MAMONA NO BRASIL. IN: REUNIÃO TEMÁTICA MATÉRIAS-PRIMAS OLEAGINOSA NO BRASIL: Diagnóstico, perspectiva e prioridades de pesquisa. 1997. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA. 1998. P.139-150

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

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.

White Spruce. **Plant Physiology**. Rockville. v.119. p. 313–319. 1999.

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

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

WRIGHT, G. C.; SMITH, R.G.; McWILLIAM, J. R. Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress. I. Crop growth rate and response. **Australian Journal of Agricultural Research**. v.34. p.615- 626. 1983.

ZHU, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review of Plant**



**Biology**. Palo Alto. v.53. p.247-273. 2002.

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

**ANEXOS**

## DADOS CLIMATICOS - LAGOA SECA, PB

## Precipitação do Ano 2008 e serie histórica

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

## Precipitação do Ano 2009 e serie histórica

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

## Dados climáticos - ano 2008

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

## Dados climáticos - ano 2009

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

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

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

**Cronograma do Experimento (Segundo Ciclo)**

- 27 de Abril de 2009 : Fertilização com superfosfato triplo (150 kg/ha)  
08 de Maio de 2009: Adubação com Uréia e KCl  
20 de Maio de 2009 : Aplicação de inseticida (Decis)  
23 de Maio de 2009 : 1ª Biometria (Avaliação dos índices de crescimento e desenvolvimento) 30 dias  
25 de Maio de 2009: Adubação com Uréia e KCl  
27 de Maio de 2009: Aplicação de fungicida e bactericida Kasumin, e adubação foliar a base de zinco e cobre  
07 de Junho de 2009: Aplicação de fungicida e bactericida Kasumin, e adubação foliar a base de zinco e cobre  
09 de Junho 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 uréia e KCl  
16 de Setembro de 2009: Adubação com uréia e KCl  
23 de Setembro de 2009: 4ª Biometria (Avaliação dos índices de crescimento e desenvolvimento) 150 dias  
01 de Outubro de 2009: Adubação com uréia e KCl  
21 de Outubro de 2009: 5ª Biometria (Avaliação dos índices de crescimento e desenvolvimento) 180 dias  
22 de Outubro de 2009: Colheita Final