



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA**

**CIRO DE MIRANDA PINTO**

**CONFIGURAÇÃO E ANTECIPAÇÃO DE PLANTIO DA MAMONA EM  
CONSÓRCIO COM A CULTURA DO GIRASSOL**

**FORTALEZA – CE**

**2011**

**CIRO DE MIRANDA PINTO**

**CONFIGURAÇÃO E ANTECIPAÇÃO DE PLANTIO DA MAMONA EM  
CONSÓRCIO COM A CULTURA DO GIRASSOL**

Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

Orientador: Prof. Ph.D. João Bosco Pitombeira

**FORTALEZA – CE**

**2011**

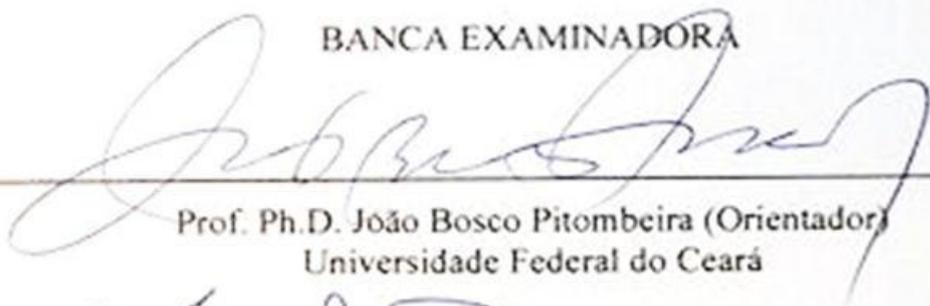
CIRO DE MIRANDA PINTO

CONFIGURAÇÃO E ANTECIPAÇÃO DE PLANTIO DA MAMONA EM  
CONSÓRCIO COM A CULTURA DO GIRASSOL

Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

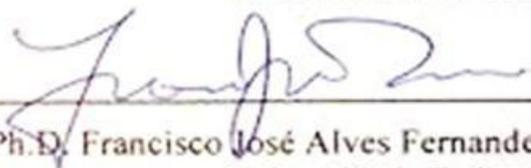
Aprovada em: 27/05/2011

BANCA EXAMINADORA



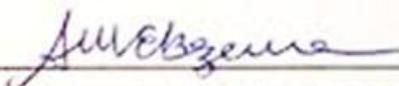
---

Prof. Ph.D. João Bosco Pitombeira (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará



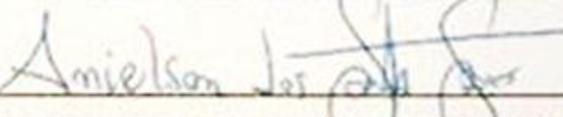
---

Prof. Ph.D. Francisco José Alves Fernandes Távora (Conselheiro)  
Universidade Federal do Ceará



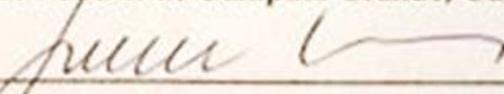
---

Prof. D.Sc. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra (Conselheiro)  
Universidade Federal do Ceará



---

Prof. D.Sc. Anielson dos Santos Souza (Conselheiro)  
Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal



---

D.Sc. Francisco Vidal das Chagas Neto (Conselheiro)  
Pesquisador CNPAT/EMBRAPA

FORTALEZA-CE

2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- P727c Pinto, Ciro de Miranda.  
Configuração e antecipação de plantio da mamona em consórcio com a cultura do girassol / Ciro de Miranda Pinto – 2011.  
93 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências Agrárias e Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Fortaleza, 2011.  
Área de Concentração: Fitotecnia.  
Orientação: Prof. PhD. João Bosco Pitombeira.
1. Mamona – cultivo.. 2. Girassol - cultivo. 3. Cultivo intercalado. 4. Plantas oleaginosas I. Título.

---

CDD 581.2

A minha esposa Olienaide Pinto pelo amor,  
companheirismo, compreensão, aconselhamentos,  
carinho e apoio constante fundamental na minha  
vida.

### **DEDICO**

A meus pais Francisco Bezerra Pinto e Maria Clara de  
Miranda Pinto. A meu avô Marcelino Nunes *in memoriam*.

### **OFEREÇO**

## **AGRADECIMENTOS**

Á Deus que me deu força, paciência e tranquilidade durante a execução e correções deste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES pela concessão da bolsa durante o curso de Doutorado.

Ao Portal Periódico Capes pela disponibilidade de vários artigos relacionados a meu objeto de tese. Sendo mais acessível, já que usei em casa, por meio do proxy da UFC.

Ao site de pesquisa Google pela eficiência em encontrar artigos relacionados a meu objeto de tese.

Ao professor Ph.D. João Bosco Pitombeira pela orientação, compreensão e confiança durante a execução deste trabalho.

Aos membros da banca de defesa de Tese em aceitar o convite, dentre eles, Prof. Ph.D Francisco José Alves Fernandes Távora; Prof. D.Sc. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra; Prof. D.Sc. Anielson dos Santos Souza e ao Pesquisador do CNPAT/EMBRAPA, D.Sc. Francisco Vidal das Chagas Neto.

Ao Pesquisador do CNPAT/Embrapa, D.Sc. Marlos Alves Bezerra e ao Professor D.Sc. Claudivan Feitosa de Lacerda do Departamento de Engenharia Agrícola, pela amizade e colaboração de ambos durante a execução da pesquisa.

Ao professor D.Sc. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa, pela amizade e conselhos no decorrer do curso de doutorado.

Aos demais professores do Departamento de Fitotecnia no Curso de Pós-graduação, que contribuíram na minha formação para obtenção do título de Doutor.

A meus amigos Brisa do Svadeshi Cabral de Melo, Janser Nobre de Oliveira, Jefte Ferreira da Silva, João Gutemberg Leite Moraes, Junior Regis Batista Cysne, Francisco Aires Sizenando Filho e Clécio da Frota Rodrigues pela colaboração na instalação e durante as avaliações dos experimentos em 2008, 2009 e 2010.

Aos meus amigos, Fábio Farias Costa, Francisco Elivan Arruda Rodrigues, Francisco Herbeth Costa dos Santos, pela amizade.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, Deocleciano Ivo Xavier por estar sempre disponível a ajudar a resolver problemas, a exemplo, lançamento de notas de disciplinas dentre outros. Além desse, o Pedro Djacir P. do Nascimento pela ajuda durante implantação e avaliação dos experimentos.

Aos funcionários da Biblioteca de Ciências e Tecnologia da UFC, da Seção de Assistência ao Leitor, dentre eles, Ana Cristina Azevedo Ursulino e Raimundo Nonato Ribeiro dos Santos, pela colaboração em relação aos pedidos de artigos, através do Programa de Comutação Bibliográfica (COMUT) na base de dados do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) na secção do Catálogo Coletivo Nacional (CCN).

Aos funcionários da Biblioteca de Ciências e Tecnologia da UFC, parte de Empréstimo, dentre eles, Maria Eliete de Oliveira e Marcos A. dos Santos Malheiros, pela amizade construída durante a minha vida acadêmica da graduação ao Doutorado.

Aos funcionários da Biblioteca de Ciências e Tecnologia da UFC, Gilson Carlos Ferreira Sampaio e Lucivan Messias de Oliveira pela amizade construída durante a minha vida acadêmica do Mestrado e Doutorado.

Aos motoristas e amigos funcionários da UFC, dentre eles, José Valdir Barros de Sousa, Antonio Geraldo Gonçalves, João Rodrigues da Costa e Paulo Sérgio Mota Chagas por compreenderem e ajudarem nos horários de ida (5 horas manhã) e volta (15 horas: 30 minutos – 16 horas da tarde) a Fazenda Lavoura Seca localizada em Quixadá-Ceará nos anos de 2008, 2009 e 2010.

Ao Administrador da Fazenda Lavoura Seca localizada em Quixadá-Ceará, Francisco Perreira Lima que participou através do preparo da área experimental para implantação dos ensaios, foi também o responsável por contratar os operários de campo para realização do manejo cultural e as avaliações nos anos de 2008, 2009 e 2010.

Aos funcionários da diretoria do Centro de Ciências Agrárias/UFC, Manoel Irlano Barbosa Leite e Francisca Marques de Lima que agendaram as viagens a Fazenda Lavoura Seca, junto ao setor de transportes durante os anos de 2008, 2009 e 2010.

E finalmente, agradeço a todos que me ajudaram na execução dos experimentos de consorciação da mamona com girassol em diferentes configurações de plantios e antecipação de plantio.

*“Curiosidade, a essência do estado da arte”.*

*(Ciro Pinto, 2011)*

## RESUMO

### CONFIGURAÇÃO E ANTECIPAÇÃO DE PLANTIO DA MAMONA EM CONSÓRCIO COM A CULTURA DO GIRASSOL

A mamoneira (*Ricinus communis*) é tolerante a seca e cultivada para produção de óleo para uso industrial. Na região Nordeste os pequenos produtores cultivam a mamona consorciada algodão, feijão caupi, gergelim, girassol, milho, sorgo ou amendoim. Dois experimentos de campo foram conduzidos nos anos agrícolas 2008, 2009 e 2010, na Fazenda Experimental Lavoura Seca, Quixadá, Ceará, com o objetivo de avaliar o comportamento da mamona e girassol cultivados em dois padrões de consorciação. No experimento I avaliou-se o consorcio mamona (Ma) x girassol (Gi) com 1Ma:1Gi; 1Ma:2Gi; 1Ma:3Gi; 2Ma:2Gi; 2Ma:3Gi fileiras, acrescidos da mamona e girassol em monocultivo. No experimento II, avaliou-se o consorcio mamona x girassol com antecipação do plantio da mamona em 0, 7, 14 ou 21 dias antes do plantio do girassol. Para cada experimento adotou-se o delineamento de blocos ao acaso com 4 repetições. Avaliou-se a produtividade de grãos, seus componentes e o uso eficiente da terra para a mamona e girassol consorciados e em monocultivo. A produtividade da mamona e girassol no monocultivo foi significativamente superior nos dois sistemas de consórcio. A antecipação do plantio da mamona 14 e 21 dias em comparação ao girassol mostraram vantagens em relação as demais datas de plantio. No experimentos I e II verificou-se que a mamona foi dominante sobre ao girassol. Precipitações pluviiais inferiores a demanda hídrica das culturas da mamona e girassol, proporcionaram redução no uso eficiente de terra (UET).

**Palavras-chave:** *Helianthus annuus* (L.). Plantas oleaginosas. *Ricinus communis* (L.). Sistema de consorciação. Uso eficiente de terra.

## ABSTRACT

### ARRANGEMENT AND EARLY PLANTING OF CASTOR BEAN INTERCROPPED WITH SUNFLOWER CROP

Castor bean (*Ricinus communis* L.) is an oil seed crop drought tolerant with its oil having several uses in industry. In the Northeast of Brazil it is commonly cultivated by small farmers intercropped with cotton, cowpea, sesamum, sunflower, sorghum or peanuts. Two field experiments were carried during 2008, 2009 and 2010, at “Fazenda Experimental Lavoura Seca”, Quixada, Ceara, with the objective to evaluate the behavior of castor bean and sunflower under two intercropping arrangements. In experiment I, it was evaluated the intercropping castor bean (CB) x sunflower (SF) with 1CB:1SF; 1CB:2SF; 1CB:3SF; 2SB:2SF; 2CB:3SF rows, added of sole crop of castor bean and sunflower. In the experiment II, was evaluated with the early planting of castor bean in 0, 7, 14 or 21 days in relations to sunflower the intercropping systems. In both experiments it was used a randomized complete block design with 4 replications. In this study it was determined the yield, yield components and land equivalent ratio (LER) for castor bean and sunflower grown in intercropping and sole crop. The grain yield of castor bean and sunflower was significantly higher in sole crop than intercropping in both experiments. Between the intercropping systems the highest yields were observed when early planting of castor bean was of 14 or 21 days before sunflower. In experiments I and II, showed that the castor bean was the dominant crop in relation to sunflower. Rainfall lower the water requirements of castor bean and sunflower crops, showed a reduction in LER.

**Key-words:** *Helianthus annuus* (L.). Oil seed crops. *Ricinus communis* (L.). Intercropping systems. Land equivalent ratio

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

		Página
<b>TABELA 1</b>	Características químicas do solo da área experimental. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	37
<b>TABELA 2</b>	Precipitação pluvial e dados médios mensais de temperatura e umidade relativa do ar ocorrida na FELS. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	38
<b>TABELA 3</b>	Datas de plantio, adubação de fundação, desbaste de plantas, adubação de cobertura e colheita das culturas da mamoneira e girassol. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	42
<b>TABELA 4</b>	População de plantas observada e esperada dos sistemas consorciados e monocultivos da mamona e girassol na Fazenda Lavoura Seca. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	46
<b>TABELA 5</b>	Quadrado médio da produtividade de grãos (PG) da mamona em consorciada com girassol em configuração de fileira. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	48
<b>TABELA 6</b>	Médias da produtividade de grãos (PG) da mamona em consorciada com girassol em em diferentes configurações de fileiras e monocultivo. Percentual de redução em relação ao monocultivo. Quixadá – Ceará, 2008, 2009 e 2010.....	48
<b>TABELA 7</b>	Quadrado médio do comprimento efetivo de racemo (CR) da mamona consorciada com girassol, em diferentes configurações de fileiras. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	50
<b>TABELA 8</b>	Médias de comprimento efetivo de racemo (CR) da mamona consorciada com girassol, em diferentes configurações de fileiras e no monocultivo. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	50
<b>TABELA 9</b>	Quadrado médio do número de racemos por planta (NRP) da mamona consorciada com girassol, em diferentes configurações de fileiras. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	51
<b>TABELA 10</b>	Médias do número de racemos por planta (NRP) da mamona consorciada com girassol, em diferentes configurações de fileiras. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	51
<b>TABELA 11</b>	Quadrado médio da altura de planta (AP), altura de inserção do racemo primário (AIRP), comprimento de internódio da haste principal (CINT) e número de internódio por planta da haste principal (NIP) da mamona consorciada em diferentes configurações de fileiras. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	52
<b>TABELA 12</b>	Médias da altura de planta (AP), altura de inserção do racemo primário (AIRP), comprimento de internódio da haste principal (CINT) e número de internódio por planta da haste principal (NIP) da mamona consorciada com girassol em diferentes configurações de fileiras e no monocultivo. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	52

<b>TABELA 13</b>	Quadrado médio da produtividade do girassol consorciado com a mamona em configuração de plantio. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	53
<b>TABELA 14</b>	Médias do produtividade do girassol ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) consorciado com mamona em diferentes configurações de plantio. Percentual de redução em relação ao monocultivos. Quixadá – Ceará, 2008, 2009 e 2010.....	54
<b>TABELA 15</b>	Quadrado médio da altura de planta (AP), altura de capítulo (AC) e diâmetro do capítulo (DC) do girassol consorciado com mamona em configurações de plantio e no monocultivo. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	55
<b>TABELA 16</b>	Médias da altura de planta (AP), altura de capítulo (AC) e diâmetro do capítulo (DC) do girassol consorciado com mamona em difentes configurações de plantio e no monocultivo. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	55
<b>TABELA 17</b>	Quadrado médio do uso eficiente de terra parcial da mamona ( $\text{UET}_{\text{Ma}}$ ), uso eficiente de terra parcial do girassol ( $\text{UET}_{\text{Gi}}$ ) e uso eficiente de terra (UET) no sistema de consorciação da mamona com girassol em diferentes configurações de fileiras. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	56
<b>TABELA 18</b>	Médias do uso eficiente de terra parcial da mamona ( $\text{UET}_{\text{Ma}}$ ), uso eficiente de terra parcial do girassol ( $\text{UET}_{\text{Gi}}$ ) e uso eficiente de terra (UET) no sistema de consorciação da mamona com girassol em diferentes configurações de fileiras. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	57

## CAPÍTULO 2

		<b>Página</b>
<b>TABELA 1</b>	Características químicas do solo da área experimental. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	69
<b>TABELA 2</b>	Precipitação pluvial e dados médios mensais de temperatura e umidade relativa do ar ocorrida na FELS. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	70
<b>TABELA 3</b>	Datas de plantio, adubações, desbaste de plantas e colheita das culturas da mamoneira e girassol. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	73
<b>TABELA 4</b>	População obseada e esperada dos sistemas consorciados e monocultivos da mamona e girassol na Fazenda Lavoura Seca. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	77
<b>TABELA 5</b>	Valor de F calculado da altura de planta (AP), altura de inserção do racemo primário (AIRP), comprimento de internódios na haste principal (CINT) e número de internódios na haste principal (NIP) da mamona. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	78
<b>TABELA 6</b>	Valor de F calculado para o comprimento efetivo de racemo (CR), número de racemos por planta (NRP) e produtividade de grãos (PG) da mamona. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	79
<b>TABELA 7</b>	Valor de F calculado do desdobramento da interação de ano dentro tratamento e tratamento dentro ano para comprimento efetivo de racemo (CR), número de racemos por planta (NRP) e produtividade de grãos (PG) da mamona. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	81

<b>TABELA 8</b>	Valor de F calculado para a altura de planta (AP), altura de capítulo (AC) e diâmetro do capítulo (DC) e produtividade de grãos (PG) do girassol. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	84
<b>TABELA 9</b>	Valor de F calculado para o uso eficiente de terra parcial para mamona ( $UET_{Ma}$ ), uso eficiente de terra parcial para girassol ( $UET_{Gi}$ ) e uso eficiente de terra (UET). Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010.....	85
<b>TABELA 10</b>	Médias dos tratamentos para uso eficiente de terra parcial para mamona ( $UET_{Ma}$ ), uso eficiente de terra parcial para girassol ( $UET_{Gi}$ ) e uso eficiente de terra (UET). Quixadá – Ceará, 2008, 2009 e 2010.....	86

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

		Página
<b>FIGURA 1</b>	Representação esquemática da distribuição das fileiras de plantio da mamona (Ma) e girassol (Gi) em consórcio e no monocultivos. Quixadá-Ceará, 2008, 2009 e 2010.....	41
<b>FIGURA 2</b>	Ilustração de como foram tomadas as avaliações altura da planta (a), altura de capítulo (b) e diâmetro do capítulo (c) no girassol (CASTIGLIONI <i>et al.</i> , 1997).....	44
<b>FIGURA 3</b>	Participação dos racemos primários, secundários e terciários na produtividade de grãos da mamona no sistema de consorciação e monocultivo. Quixadá – Ceará. 2008 e 2009.....	49

### CAPÍTULO 2

		Página
<b>FIGURA 1</b>	Representação esquemática dos tratamentos de consórcio mamona (Ma) e girassol (Gi) e monocultivos. Quixadá-Ceará, 2008, 2009 e 2010.....	72
<b>FIGURA 2</b>	Ilustração de como foram tomadas as avaliações altura da planta (a), altura de capítulo (b) e diâmetro do capítulo (c) no girassol (CASTIGLIONI <i>et al.</i> , 1997).....	75
<b>FIGURA 3</b>	Participação dos racemos primários, secundários, terciários na produtividade de grãos da mamona no sistema de consorciação e monocultivo. Quixadá – Ceará. 2008 e 2009.....	82

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>5</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>8</b>
<b>ABSTRAT.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>13</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>17</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1 Cultura da mamona.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2 Cultura do Girassol.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3 Biodiesel.....</b>	<b>21</b>
<b>2.4 Sistema de Consorciação.....</b>	<b>22</b>
2.4.1 Configuração de plantas sistema de consorciação .....	23
2.4.2 Épocas relativas no sistema de consorciação.....	23
2.4.3 Avaliação dos sistemas consorciados.....	25
<b>3 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO 1: Configuração de fileira no consórcio mamona x girassol:</b>	
<b>Produtividade e seus componentes.....</b>	<b>33</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>33</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>34</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>35</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
<b>2.1 Localização da área experimental, clima e solo.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2 Descrição das cultivares de mamona e girassol.....</b>	<b>39</b>
<b>2.3 Descrição dos tratamentos em consorciação e monocultivo.....</b>	<b>39</b>
<b>2.4 Preparo do solo, plantio e adubação fundação, desbaste de plântulas, adubação</b>	<b>42</b>
<b>de cobertura e colheita.....</b>	
<b>2.5 Variáveis avaliadas.....</b>	<b>43</b>
2.5.1 Cultura da mamona.....	43
2.5.1 Cultura do girassol.....	43
<b>2.6 Avaliação do consórcio.....</b>	<b>44</b>

2.7 Delineamento experimental e análises estatísticas.....	44
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>46</b>
3.1 População das culturas da mamona e girassol consorciados e no monocultivo.....	46
3.2 Produtividade e componentes da produtividade da mamona.....	47
3.3 Produtividade e componentes da produtividade do girassol.....	53
3.4 Uso eficiente de terra (UET).....	56
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>59</b>
<b>5 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>

<b>CAPÍTULO 2: Antecipação de plantio da mamona consorciada com girassol: Produtividade e seus componentes.....</b>	<b>65</b>
---	-----------

<b>RESUMO.....</b>	<b>65</b>
--------------------	-----------

<b>ABSTRACT.....</b>	<b>66</b>
----------------------	-----------

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>67</b>
--------------------------	-----------

<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>69</b>
----------------------------------	-----------

2.1 Localização da área experimental, clima e solo.....	69
---	----

2.2 Descrição das cultivares de mamona e girassol.....	71
--	----

2.3 Descrição dos tratamentos.....	71
------------------------------------	----

2.4 Preparo do solo, plantio e adubação fundação, desbaste de plântulas, adubação de cobertura e colheita.....	73
--	----

2.5 Variáveis avaliadas.....	74
------------------------------	----

2.5.1 Cultura da mamona.....	74
------------------------------	----

2.5.1 Cultura do girassol.....	74
--------------------------------	----

2.6 Avaliação do consórcio.....	75
---------------------------------	----

2.7 Delineamento experimental e análises estatísticas.....	75
--	----

<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>77</b>
--------------------------------------	-----------

3.1 População das culturas da mamona e girassol consorciados e no monocultivo.....	77
--	----

3.2 Produtividade e componentes da produtividade da mamona.....	78
---	----

3.3 Produtividade e componentes da produtividade do girassol.....	83
---	----

3.4. Uso eficiente de terra (UET).....	84
--	----

<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>88</b>
--------------------------	-----------

<b>5 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>89</b>
---------------------------	-----------

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A consorciação de culturas consiste no cultivo simultâneo de duas ou mais espécies em uma área agrícola, tendo a dimensão espacial e temporal de convivência entre as plantas cultivadas. Essa prática de manejo cultural é comum no Nordeste brasileiro, visa melhorar a eficiência no uso dos fatores de produção, através da intensificação do uso da terra com mais de uma cultura plantada na mesma área, e no mesmo período. Além disso, reduz a erosão do solo, a incidência de “pragas” e aumenta a estabilidade na produção. Dentre as desvantagens dessa prática citam-se a dificuldade nos tratos culturais mecanizados, uso de herbicidas compatíveis com as plantas associadas, competição interespecífica pelos recursos do ambiente e os possíveis efeitos alelopáticos.

O policultivo apresenta vários padrões de arranjo da cultura no tempo e no espaço, sendo classificado em consórcio, cultivo misto, cultivo em faixas, cultivo duplo, cultivo triplo, cultivo em substituição e cultivo de soqueira (ANDREWS; KASSAM, 1975).

O cultivo da mamona consorciada com outras espécies sativas tem apresentado vantagens em relação ao monocultivo. Os resultados comprovando tal afirmação, foram constatados em agroecossistemas de mamona+gergelim (BELTRÃO *et al.*, 2010 a) e mamona+amendoim (BELTRÃO *et al.*, 2010 b), mamona consorciado com feijão mungo, feijão mungo-verde, caupi, soja e gergelim (THANUNATHAN *et al.*, 2008), mamona+ milho (AZEVEDO *et al.*, 2007), mamona+sorgo e mamona +caupi (CORRÊA *et al.*, 2006) e mamona+sorgo, mamona + gergelim e mamona+feijão caupi (TÁVORA *et al.*, 1988). A competição interespecífica é inevitável quando duas espécies sativas são cultivadas juntas (VANDERMEER, 1992), decrescendo a sobrevivência, crescimento ou reprodução de no mínimo uma das espécies (CRAWLEY, 1997).

Os biocombustíveis, como biodiesel e etanol por serem renováveis e menos poluentes, surgem como uma alternativa aos combustíveis fósseis. O Brasil tem destaque nessa área como produtor de etanol da cana de açúcar, ocupando a segunda posição no ranque mundial. A produção de biodiesel é uma área de interesse do governo brasileiro e atualmente os veículos nacionais de ciclo diesel, já circulam com esse combustível numa mistura de 5% ao diesel. A Resolução ANP Nº 167, de 19 de março de 2008, estabeleceu a obrigatoriedade da adição de um percentual de 5% do biodiesel ao óleo diesel para consumo, em qualquer parte do território nacional, a partir de janeiro de 2010. Tais condições, favorecem a

ampliação no mercado de óleos vegetais no Brasil decorrente do seu uso na produção de biodiesel e traz novas e favoráveis perspectivas de incrementos no cultivo de oleaginosas no sistema de consorciação.

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) do Governo Federal, que estabelece diretrizes para a produção desse biocombustível, nas ações destinadas a região Nordeste do Brasil, mantém destaque para a mamona como fornecedora de matéria prima. Incentivos foram criados para o cultivo dessa oleaginosa, no âmbito da agricultura familiar, como forma de geração de emprego e inclusão social. Um desses incentivos é a redução de tributos para as organizações de produtores de biodiesel que adquiram matéria prima de agricultores do Programa Nacional de Agricultura Familiar (PRONAF).

O governo do estado Ceará participa desse programa, através de ações visando o cultivo da mamona. O sucesso do programa esta na dependência de tecnologias que possam ser incorporadas ao processo de produção da mamona visando elevar os retornos econômicos.

Com base no exposto sobre a cultura da mamona e sua importância no Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) do governo federal, foram realizados dois experimentos de consorciação na agricultura de sequeiro no sertão Central do Ceará, município de Quixadá durante os anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010. Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o consórcio da mamona com girassol no que concerne aos seguintes pontos:

- a) Analisar o efeito do sistema de consorciação conforme a configuração de plantio mamona e girassol;
- b) Analisar o efeito do sistema de consorciação tendo antecipação do plantio da mamona em relação ao girassol.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura da mamona

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é originária da África, provavelmente da Etiópia (BELTRÃO *et al.*, 2001). Essa planta apresenta sistema radicular vigoroso, podendo atingir de 1,5 a 2 m de profundidade, pivotante, com desenvolvimento de poucas raízes laterais, sendo semelhante ao sistema radicular de pequenos arbustos. A forte emissão de radicelas ao longo das raízes conferem incremento na área de absorção de água e nutrientes do solo (SAVY FILHO, 2005).

A mamoneira apresenta metabolismo fotossintético C<sub>3</sub>, e taxa fotossintética entre 18 e 27 mg CO<sub>2</sub> dm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> (BELTRÃO *et al.*, 2001), sendo caracterizada como rústica, heliófila, tolerante a seca. Encontra-se disseminada por diversas regiões do globo terrestre, inclusive em áreas semiáridas, e é cultivada comercialmente entre os paralelos 40°N e 40°S (BELTRÃO; ARAÚJO, 2004). Para expressar o seu potencial produtivo necessita de solos profundos, bem drenados e com pH com intervalo de 5,5 a 6,5 (SAVY FILHO, 2005), precipitação mínima de 600 mm (TÁVORA, 1982).

Vale ressaltar que o crescimento e desenvolvimento da planta de mamona é influenciado pelas condições ambientais do local de cultivo, pela cultivar empregada e pelo nível de manejo cultural, podendo repercutir em fracassos ou sucessos na produção de grãos. Winch (2006) reporta que a mamona é consorciada com algumas culturas, por exemplo, milho, sorgo, algodão, amendoim e mandioca.

A expansão de seu cultivo se deu, sobretudo devido à adaptabilidade a diferentes condições ambientais e às diversas possibilidades de uso de seu principal produto, o óleo derivado das sementes (BELTRÃO; ARAÚJO, 2004). As características que potencializam essa planta para grande uso industrial são: o teor de óleo (48- 60%) da semente, alto nível de ácido ricinoléico (80-90%) e alto potencial produtivo (AULD *et al.*, 2009). O subproduto da extração do óleo é a torta de semente, a qual possui algumas aplicações, como adubo orgânico e alimentação animal (SEVERINO, 2005).

Os estudos sobre manejo cultural da mamona apresentam grande importância, visto que podem recomendar, antecipação de plantio através da irrigação suplementar

(SOUZA *et al.*, 2007), desbaste seletivo de ramos e configuração de plantio (DINIZ *et al.*, 2009), adubação NPK e épocas de plantio (DINIZ NETO *et al.*, 2009), consórcio mamona+caupi (CORRÊA *et al.*, 2006), período crítico de competição com plantas daninhas (AZEVEDO *et al.*, 2006) e a seletividade a herbicidas (MACIEL *et al.*, 2007).

## 2.1 Cultura do girassol

O girassol (*Helianthus annuus* L.) pertence à família Compositae (Asteraceae) com número básico de cromossomos é  $n=17$ . Esse gênero inclui espécies diploides, tetraploides e hexaploides (FERNÁNDEZ-MARTINEZ; PÉREZ-VICH; VELASCO, 2009), é tido como planta rústica e que se adapta bem a vários tipos de solo. Entretanto, o mais correto é dar preferência aos solos corrigidos, profundos, férteis, planos e bem drenados, para que as raízes desenvolvam-se normalmente. Essas características da área de cultivo possibilitam melhor desenvolvimento do seu sistema radicular, permitindo a exploração de grande volume de solo e, desta forma, conferindo maior tolerância à seca e ao tombamento, proporcionando maior absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, maior rendimento (EMBRAPA, 2011). Vale destacar que algumas variedades precisam de apenas 400 mm de precipitação pluvial distribuídos durante a estação de crescimento (WINCH, 2006), requerendo pH com intervalo de 5,2 a 6,5 (CASTRO; OLIVEIRA, 2005). Essa planta apresenta sistema radicular vigoroso e pivotante com grande conjunto de raízes secundárias que, em plantas adultas e em solos sem impedimentos químicos e físicos pode atingir 2 m de profundidade (CASTRO; FARIAS, 2005).

O planta de girassol apresenta características agronômicas importantes, como ciclo curto, e sementes com alta qualidade e quantidade de óleo produzido, tornando-se uma boa e nova opção de renda aos produtores brasileiros; esta possibilidade deverá ser aumentada com a recente decisão do Governo Federal em se utilizar o biodiesel na matriz energética nacional, por meio de sua adição ao óleo diesel comercial (SILVA *et al.*, 2007).

Nos aspectos econômicos a cultura do girassol tem sido altamente requisitada em razão das características químicas do óleo produzido. O óleo de girassol possui alta proporção de ácidos graxos polinsaturados, principalmente o ácido linoléico, o que lhe confere propriedades medicinais no que diz respeito ao combate ao colesterol e doenças

cardiovasculares. Por esta razão é um óleo altamente recomendado para o consumo humano, conferindo-lhe facilidade de comercialização com alto valor agregado (MUSSI, 2005). O teor de óleo das sementes varia de 27 a 40% e conteúdo de proteína de 13 a 20%. Por ser um óleo comestível pode ser usado em saladas e na culinária em geral, e o resíduo da extração do óleo de suas sementes pode ser utilizado na alimentação animal (VAUGHAN; GEISSLER, 2009).

## 2.2 Biodiesel

O esgotamento das fontes de energia não renováveis, como petróleo e o carvão, tem impulsionado novas pesquisas por combustíveis derivados de fontes renováveis de energia. Como exemplo tem-se o biodiesel, um combustível não fóssil, renovável, atóxico, o qual pode substituir total ou parcialmente o diesel de petróleo em motores de ciclo diesel (GAMA; GIL; LACHTER, 2010). Esse biocombustível denominado de biodiesel pode ser originado de matérias primas como óleos vegetais ou de gordura animal. Dentre as fontes vegetais apresentam potencial para produção do biodiesel, destacam-se, a mamona, girassol, dendê, canola, crambe, gergelim, amendoim, algodão, cartamo e soja.

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) constitui exemplo de política pública construída e implantada com ampla participação dos principais atores envolvidos na cadeia produtiva desse combustível de fontes renováveis. O mercado nacional de biodiesel já se encontra plenamente legalizado e regulamentado, além de apoiado por modelo tributário diferenciado e por instrumentos direcionados ao financiamento da cadeia produtiva, à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico, nas fases agrícola e industrial, aos testes de componentes e motores com distintas proporções de mistura diesel/biodiesel e à organização de agricultores familiares. Além disso, as condições de solo e clima e a diversidade biológica existentes no Brasil vêm possibilitando fazer do PNPB um programa de desenvolvimento sustentável com geração de renda e emprego no campo, redução de disparidades regionais, economia de divisas, com diversificação de fontes de energia e benefícios ambientais e contribuindo para dinamizar economias locais e regionais (RODRIGUES *et al.*, 2006).

A opção por diversificar a matriz energética nacional, a partir da utilização do biodiesel, é estratégica para o país em termos ambientais, sociais e econômicos. Porém, ainda é necessário equilibrar oportunidades desse novo mercado e gargalos tecnológicos. A

demanda é cada vez maior por energia limpa, não havendo, portanto, rivalidade entre os combustíveis renováveis. O desafio, entretanto, está em construir sistemas integrados de energia e alimentos (LOPES; ANDRADE; SANTANA, 2007).

O biodiesel pode ser obtido por diferentes processos, como craqueamento, transesterificação ou esterificação. No Brasil é usada a transesterificação que consiste na reação química de triglicerídios com álcoois (metanol ou etanol) na presença de um catalisador (NaOH), gerando a glicerina como subproduto (SILVA; FREITAS, 2008).

## **2. 4 Sistema de Consorciação**

A consorciação de culturas é uma prática muito comum no Nordeste brasileiro. Essa prática visa melhorar a eficiência no uso dos fatores de produção, através da intensificação do uso da terra com mais de uma cultura plantada na mesma área, e no mesmo período. Além de garantir maior estabilidade na produção, reduzindo os riscos derivados da adversidade edafoclimática característica do semiárido, assegura assim a geração de renda ao pequeno produtor rural.

No cultivo consorciado, as espécies normalmente diferem em altura e em distribuição das folhas no espaço, entre outras características morfológicas, que podem levar as plantas a competir por energia luminosa, água e nutrientes. A divisão da radiação solar incidente sobre as plantas, em um sistema consorciado, será determinada pela altura das plantas e pela eficiência de interceptação e absorção (FLESCHE, 2002). O sombreamento causado pela cultura mais alta reduz tanto a quantidade de radiação solar à cultura mais baixa como a sua área foliar (TRENATH, 1976). Uma vez que a radiação solar afeta o desenvolvimento da segunda cultura semeada, a escolha do melhor arranjo e da época ideal de semeadura é crucial no desempenho da consorciação.

#### 2.4.1 Configuração de plantas no sistema de consorciação

A escolha da configuração de fileiras e população de plantas adequada no sistema de consorciação entre espécies cultivadas proporciona incrementos no rendimento de grãos pelo efeito da complementação da exploração dos recursos do ambiente abaixo e acima do solo. A configuração de fileiras, também é conhecida por arranjo espacial no sistema de consorciação, consiste em delinear a melhor distribuição das plantas no campo de produção de culturas associadas de modo que ocorra menor competição intra e interespecífica pelos recursos do ambiente, dentre eles, água, nutrientes e luz.

Os trabalhos de pesquisa sobre configuração de fileiras envolvem diferentes agroecossistemas, por exemplo, milho + caupi (YILMAZ; ATAK, ERAYMAN, 2008), milho+ melão, milho + quiabo, mandioca + quiabo (OLASANTAN, 1998), milheto + guandu (AROKIARAJ; KANNAPPAN, 1995), mamona + milho (AZEVEDO *et al.*, 2007), amendoim+ milho doce (BHAGAT *et al.* 2006), algodão herbáceo+caupi+sorgo (BEZERRA NETO *et al.*, 2001).

Azevedo *et al.* (2007), estudando mamona + milho em consórcio, verificaram que as diferentes configurações de arranjos de fileiras não proporcionaram alterações consistentemente no porte, os componentes da produção, nem o rendimento de baga da mamona. Ao passo que, Corrêa (2005) pesquisando a mamona consorciada com caupi e amendoim, constataram alterações na produtividade de grãos da mamoneira, conforme mudou a espaçamento de plantio do consórcio em relação ao monocultivo.

#### 2.4.2 Épocas relativas no sistema de consorciação

Sabe-se que sistemas consorciados, onde ocorre o plantio simultâneo das espécies a serem estudadas resultam normalmente em reduções na produtividade de grãos das espécies em plantio associado em comparação ao monocultivo. Visando reduzir tais impactos nos sistemas consorciados com relação à competição pelos fatores de produção, insere-se a prática de manejo cultural que recebe algumas denominações antecipação de plantio, épocas relativas de plantio, plantios defasados ou escalonamento de plantio. Nessa prática ocorre uma

defasagem ou atraso na semeadura do consorte em relação cultura principal ou uma defasagem ou atraso na semeadura da cultura principal em relação ao consorte, isso irá depender da intensidade de competição interespecífica.

Alterações nas épocas relativas de plantio nos agroecossistemas de consorciação apresentam grande significância no manejo agrícola, sendo investigadas em vários sistemas associados, a exemplo, mamona+ gergelim (BELTRÃO *et al.*, 2010 a), mamona+amendoim (BELTRÃO *et al.*, 2010 b), quiabo + milho e quiabo + feijão caupi (MUINEKE; ASIEGBU; UDEOGALANYA, 1997), algodão + feijão caupi (ENDONDO; SAMATANA, 1999), mandioca + soja (MBAH; MUONEKE; OKPARA, 2008), milho+ feijão caupi (FLESCHE, 2002; MAURICE *et al.*, 2010), girassol + cana-de-açúcar (PEÑA; DOMINGUEZ ; AGUDELO, 1989), algodão + amendoim (ARAÚJO *et al.*, 2006), feijão comum + milho (SILVA *et al.*, 2001; FRANCIS; PRAGER; TEJADA, 1982) e feijão comum+mandioca+milho (HART, 1975).

Em estudos conduzidos por Sangoi e Alemida (1993), reportaram que o atraso na semeadura do milho, possibilitou incremento na produtividade de grãos de feijão comum, sem afetar a produtividade de grãos do milho. Silva *et al.* (2001) considerando o uso eficiente de terra e os rendimentos do milho e dos plantios de feijão (das ‘águas’ e ‘seca’), o tratamento mais conveniente para o pequeno agricultor é plantar o milho cinco dias depois do feijão.

Os estudos com épocas relativas de plantio, foram realizados por Beltrão et al. (2010 a,b), onde constataram declínios na produtividade de grãos da mamoneira nos sistemas consorciados com gergelim e amendoim. Esses autores aconselharam que o plantio das espécies consorciadas (gergelim e amendoim) deve ocorrer aos 15 e 20 dias depois da mamona.

Os sistemas consorciados entre cana-de-açúcar e girassol, o plantio do segunda espécie é recomendado no máximo até 10 dias, depois do corte da primeira espécie, em outras datas de plantio resultaram em declínio na produtividade de grãos do girassol, em decorrência do rebrotamento da cana-de-açúcar e conseqüentemente o maior fechamento da linhas, provocando sombreamento (PEÑA; DOMINGUEZ ; AGUDELO, 1989).

### 2.4.3 Avaliação dos sistemas consorciados

Para avaliar o desempenho dos sistemas consorciados em relação ao monocultivo vários índices foram desenvolvidos, por exemplo, uso eficiente de terra, UET (MEAD; WILLEY, 1980), razão área equivalente no tempo, RAET (HIEBSCH, 1978), média aritmética do UET e RAET (MASON et al., 1986), índice de produtividade do sistema, IPS (ODO, 1991), razão de compensação,  $RC_o$  (NTARE; WILLIAMS, 1992), coeficiente equivalente de terra, CET (ADETILOYE; EZEDIMA; OKIGBO, 1983), coeficiente de adensamento relativo, CAR (De WIT, 1960), razão de competição, RC (WILLEY; RAO, 1980), agressividade, A (McGilchrist, 1965), perda ou ganho de rendimento atual, PGAR (BANIK, 1996).

O uso eficiente de terra (UET) foi primeiro índice usado na avaliação dos sistemas consorciados em relação aos monocultivo, onde estudou-se as culturas do amendoim e sorgo (NIQUEUX, 1959). Os sistemas de cultivo consorciado da mamoneira foram investigados em alguns agroecossistemas, a exemplo, mamona+gergelim (BELTRÃO *et al.*, 2010 a) e mamona+amendoim (BELTRÃO *et al.*, 2010 b), mamona consorciado com feijão mungo, feijão mungo-verde, caupi, soja e gergelim (THANUNATHAN *et al.*, 2008), mamona+ milho (AZEVEDO *et al.*, 2007), mamona+sorgo e mamona +caupi (CORRÊA *et al.*, 2006) e mamona+sorgo, mamona + gergelim e mamona+feijão caupi (TÁVORA *et al.*, 1988) foram avaliados através do UET, ou seja, eficiência biológica na produção de grãos. Vale destacar que, o UET continua sendo o índice mais usado pelos pesquisadores na avaliação dos sistemas consorciados, sendo os trabalhos publicados em periódicos de circulação nacional e internacional.

### 3 REFERÊNCIAS

ADETILOYE, P.O, EZEDIMA, F. O. C.; OKIGBO, B. N. A land equivalent coefficient (LEC) concept for the evaluation of competitive and productive interactions in simple to complex crop mixtures. **Ecological Modelling**, v.19, n.1, p.27-39, 1983.

ANDREWS, D. J.; KASSAM, A. H. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. **Multiple Cropping Symposium**. Agronomy Society of America, Knoxville, Tennessee, 23p, 1975.

ARAÚJO, A. C. DE; BELTRÃO, N. E. DE, M.; BRUNO, G. B.; MORAES, M. DOS, S. Cultivares, épocas de plantio e componentes da produção no consórcio de algodão e amendoim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.357-363, 2006.

AROKIARAJ, A; KANNAPPAN, K. Intercropping pearl millet with pigeonpea under rainfed condition. **The Madras Agricultural Journal**, v. 82, n.11, p. 571- 573, 1995.

AULD, D. L.; ZANOTTO, M. D.; MCKEON, T.; MORRIS, J. B. Castor. In: **Handbook of Plant Breeding, Volume 4, Oil Crops**, Springer, 548 p, 2009.

AZEVEDO, D. M. P. DE; BELTRÃO, N. E. DE, M.; SEVERINO, L. S.; SANTOS, J. W. DOS; LEÃO, A. B. Arranjos de fileiras no consórcio mamoneira com milho no semi-árido PARAIBANO. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p.91-105, 2007.

AZEVEDO, D. M. P. de; SANTOS, dos J. W.; SANTOS, T. da S.; LEÃO, A. B. Período crítico de competição entre mamoneira e plantas daninhas. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 10, n. 1/2, p.1017-1024, 2006.

BANIK, P. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) and legume intercropping under 1:1 e 2:1 row-replacement series system. **Journal Agronomy and Crop Science**, v. 176, n. 5, p. 289-294, 1996.

BELTRÃO, N. E. de M, ARAÚJO, A. E de. **Zoneamento Agrícola**. Campina Grande: Embrapa – CNPA, 2004, 23p. (Embrapa Algodão, Documentos 126).

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: **O agronegócio da mamona no Brasil**. AZEVEDO, D. M. e LIMA, E.F. (Ed.). Embrapa algodão (Campina Grande – Paraíba) – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 37-62.

BELTRÃO, N. E. de M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; MARACAÇA, P. B. Época relativa de plantio no consórcio mamona e gergelim. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v.5, n.5, p-67-73, 2010 a.

BELTRÃO, N. E. de M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; OUTO, J. S. Consórcio mamona e amendoim: Opção para a agricultura familiar. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v.5, n.4, p-222-227, 2010 b.

BEZERRA NETO, F.; TORRES FILHO, J.; HOLANDA, J. S. DE; SANTOS, E. F.; ROSADO, C. A. DE S. Efeito do sistema de cultivo e arranjo especial no consórcio algodão herbáceo + caupi + sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n 5, p. 715-727, 1991.

BHAGAT, S. B.; CHAVAN, S. A.; ZAGADE, M. V.; DAHIPHALE, A. V. Intercropping groundnut and sweet corn at different fertility levels and row proportions. **Indian Journal Crop Science**, v.1, n. 1-2, p.151-153, 2006.

BRASIL. **Resolução ANP Nº 167, de 19 de março de 2008 - DOU 20 de março de 2008**. Considerando o disposto no inciso I, art.8º da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, alterada pela Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005 e com base na Resolução de Diretoria nº 2007, de 19 março de 2008.

CASTRO, C.de; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, M. R. V. B. de, C.; BRIGHENTI, A. M. CASTRO, C. de. (Ed.). **Girassol no Brasil**: Embrapa SOJA, 2005. p. 163-198.

CASTRO, C.de; OLIVEIRA, F. A. de. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, M. R. V. B. de, C.; BRIGHENTI, A. M. CASTRO, C. de. (Ed.). **Girassol no Brasil**: Embrapa SOJA, 2005. p. 163-198.

CORRÊA, M. L. P. **Comportamento da mamoneira consorciada com caupi, sorgo e amendoim**. 2005, 84 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CORRÊA, M. L. P.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B. Comportamento de cultivares de mamona em sistema de monocultivos e consorciados com caupi e sorgo granífero. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.2, p.200-2007, 2006.

CRAWLEY, M. J. **Plant ecology**. Blackwell Publishing, 717p, 1997.

DE WIT, C.T. On competition. **Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekigen**, v.66, n.8, p.1-82, 1960.

DINIZ, B. L. M. T.; TAVORÁ, F. J. A. F.; DINIZ NETO, M. A; BEZERRA, M. L. Desbaste seletivo e população de plantas na cultura da mamoneira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 247-255, 2009.

DINIZ NETO, M. A.; TAVORÁ, F. J. A. F.; CRISÓSTOMO, L. A.; DINIZ, B. L. M. T. Adubação NPK e épocas de plantio para mamoneira. I – Componentes da produção e produtividade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 578-587, 2009.

ENDONDO, C.; SAMATANA, M. Influence de la date du semis niébe sur le rendement du cotonnier dans l' association cotonnier-niéber. **Cahiers Agriculture**, v. 8, n. 3, p. 215-217, 1999.

FERNÁNDEZ-MARTINEZ, J. M.; PÉREZ -VICH, B.; VELASCO, L. Sunflower. In: **Handbook of Plant Breeding, Volume 4, Oil Crops**, Springer, 548 p, 2009.

FLESCHE, R.D. Efeitos temporais e espaciais no consórcio intercalar de milho e feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37, n.1, p.51-56, 2002.

FRANCIS, C. A.; PRAGER, M.; TEJADA, G. Effects of relative planting dates in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and maize (*Zea mays* L.) intercropping patterns. **Field Crops Research**, v.5, p.45-54, 1982.

GAMA, P. E.; GIL, R. A. da S. S. LACHTER, E. R. Produção de biodiesel através de transesterificação *in situ* de sementes de girassol via catálise homogênea e heterogênea. **Química Nova**, v. 33, n. 9, 1859-1862, 2010.

HART, R. D. A bean, corn, and manioc polyculture cropping system. I. The effect of interspecific competition on crop yield. **Turrialba**, v.25, n.3, p. 294-301, 1975.

HIEBSCH, C.K. Comparing intercrops with monoculture. In: **Agronomic economic research on soils of the tropics, Annual Report 1976-1977**. Soil Science Department, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, pp. 187-200, 1978.

LOPES, J. S.; ANDRADE, T. C. Q.; SANTANA, G. C. Biodiesel: oportunidades e desafios. **Bahia Agrícola**, v.8, n. 1, p.24-27, 2007.

MACIEL, C. D. de G.; POLETINE, J. P.; VELINI, E. D.; ZANOTTO, M. D.; AMARAL, J. G. C. do; SANTOS, H. R. dos; ARTIOLI, J. C. ; SILVA, T. R. M. da; FERREIRA, R. V.; LOLLI, J. ; RAIMONDI, M. A. Seletividade de herbicidas em cultivares de mamona. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p.47-54, 2007.

MASON, S. C.; LEIHNER, D. E.; VORST, J. J. Cassava-cowpea and cassava-peanut intercropping. I. Yield and land use efficiency. **Agronomy Journal**, v.78, n. 1, p.43-46, 1986.

MAURICE, G.; ALBERT, N.; ISIDORE, T.; FRANÇOIS. A. A. Altering the time of intercropping cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) relative to maize (*Zea mays* L.): A food production strategy to increase crop yield attributes in Adamaw-cameroon. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 6, n.5, p. 473-479, 2010.

MBAH, E. U.; MUONEKE, C. O.; OKPARA, D. A. Evaluation of cassava (*Manihot esculenta* (Crantz) planting methods and soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] sowing dates on the yield performance of the component species in cassava/soybean intercrop under the humid tropical lowlands of southeastern Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 1, p. 42-47, 2008.

MEAD, R.; WILLEY, R. W. The concept of a 'Land Equivalent Ratio' and advantages in yields from intercropping. **Experimental Agriculture**, v.16, n.3, p.217-228, 1980.

McGilchrist, C. A. Analysis of competition experiments. **Biometrics**, v.21, n.4, p.975-985, 1965.

MUINEKE, C. O.; ASIEGBU, J. E.; UDEOGALANYA, A. C. C. Effect of relative sowing time on growth and yield of component crops in okra/maize and okra/cowpea intercropping systems. **Journal Agronomy and Crop Science**, v. 179, n.3, p.179-185, 1997.

MUSSI, M. M. **Germinação e vigor de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) submetidas a diferentes concentrações de CO<sub>2</sub>, períodos de exposição e embalagens.** 2005, 59 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

NIQUEUX, M. Choix de variétés d'Arachides au Tchad III. Essais de culture associée d'arachides et de sorghos au Tchad. **L'Agronomie Tropicale**, v.14,n. 4,p.501- 502, 1959.

NTARE, B. R.; WILLIAMS, J. H. Response of cowpea cultivars to planting pattern and date of sowing in Intercrops with pearl millet in Niger. **Experimental Agriculture**, v.28, n.1, p.41-48, 1992.

ODO, P.E. Evaluation of Short and Tall Sorghum Varieties in Mixtures with Cowpea in the Sudan Savanna Of Nigeria: Land Equivalent Ratio, Grain Yield and System Productivity Index. **Experimental Agriculture**, v.27, n.4, p. 435-441, 1991.

OLASANTAN, F. O. Beneficial changes in environment and growth characteristics intercropping systems with vegetables and arables crops. **Tropical Agricultural Research and Extension**, v. 1, n. 1, p. 12-18, 1998.

PEÑA, J. A.; DOMINGUESZ, P.; AGUDELO, O. Epocas de siembra de girasol intercalado en caña de azucar. **Acta Agronomica**, v. 39, n. 3-4, p. 150-158, 1989.

RODRIGUES, R. A. Biodiesel no Brasil: diversificação energética e inclusão social com sustentabilidade. In: **O futuro da indústria: biodiesel: coletânea de artigos**. FERREIRA, J. R.; CRISTO, C. M. P. N. Brasília: MDIC-STI/IEL (Série Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior, 14). 2006. p. 15-25.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. de. Influência do arranjo de plantas e da época de semeadura sobre características agrônômicas de milho e feijoeiro consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.10, p. 1173-1181, 1993.

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

SEVERINO, L. S. **O Que Sabemos sobre a Torta de Mamona**. Campina Grande: Embrapa -CNPA, 2005, 31p. (Embrapa Algodão. Documentos, 134).

SILVA, M. de L. O.; FARIA, M. A. de; MORAIS, A. R. de; ANDRADE, G. P.; LIMA, E. M. de C. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.5, p.482-488, 2007.

SILVA, P. F. da; FREITAS, T. F. S. de. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.38, n.3, p.843-851, 2008.

SILVA, L. O. E; VIERA, C.; CARDOSO, A. A.; ARAÚJO, G. A. de, A. Cultura associada de feijão e milho. XIII-Retardamento de plantio de uma ou outra das culturas. **Revista Ceres**, v. 48, n. 278, p. 583-592, 2001.

SISTEMA DE PRODUÇÃO. **Tecnologias de Produção Girassol**. EMBRAPA Soja Sistema de Produção, N<sup>o</sup>1. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaogirassol/index.htm>>. Acesso em 01 de jan. 2011.

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

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

TÁVORA, F. J. A. F.; MELO, F. I. O.; SILVA, F.P. DA; BARBOSA FILHO, M. Consorciação d mamona com culturas anuais de ciclo curto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 19, n. 2, p. 85-94, 1988.

THANUNATHANM, K.; MALARVIZHI, S.; THIRUPPATHI, M., IMAYAVARAMABAN, V. Economic evaluation of castor-based intercropping systems, **The Madras Agricultural Journal**, v. 95, n. 1-6, p. 38-41. 2008.

TRENBATH, B.R. Plant interactions in mixed crop communities. In: PAPENDICK, R.I.; SANCHEZ, P.A.; TRIPLETT, G. B. (Ed.). **Multiple cropping**. Madison: American Society of Agronomy, 1976. p. 129-169. (Special Publication, 27).

VANDERMEER, J. **The ecology of intercropping**. Cambridge University Press, New York. p. 237, 1992.

VAUGHAN, J. G.; GEISSLER, C. A. Other Oil Producing Plants. In: **The New Oxford Book of Food Plants**, Oxford, University Press, 284 p, 2009.

WILLEY, R.W.; RAO, M.R. A competitive ratio for quantifying completion between intercrops. **Experimental Agriculture**, v.16, n.2, p.117-125, 1980.

WINCH, T. DESCRIPTION AND CHARACTERISTICS OF THE MAIN FOOD CROPS – Sunflower. In: **Growing Food: A Guide to Food Production**, Springer, 342 p, 2006.

YILMAZ, Ş.; ATAK, M.; ERAYMAN, M. Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the East Mediterranean Region. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 32, n. 2, p. 111-119, 2008.

## CAPÍTULO 1

### **Configuração de fileira no consórcio mamona x girassol: Produtividade e seus componentes**

#### **RESUMO**

Um ensaio de campo foi conduzido nos anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010, na Fazenda Lavoura Seca, Quixadá, Ceará, com objetivo de avaliar o consórcio mamona x girassol em diferentes configurações de fileiras quanto a produtividade de grãos e seus componentes. O delineamento utilizado foi blocos ao acaso com 7 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos consorciados constaram de fileiras de mamona (Ma) e girassol (Gi) nas configurações a seguir: 1Ma:1Gi; 1Ma:2Gi; 1Ma:3Gi; 2Ma:2Gi; 2Ma:3Gi acrescidos da mamona e girassol em monocultivo. A produtividade de grãos da mamona e girassol nos consórcio foram inferiores ao monocultivo. A configuração de fileira 1Ma:2Gi foi a mais vantajosa quanto a produtividade da mamona. A mamona foi dominante sobre a girassolna utilização dos recursos do ambiente. Precipitações pluviiais inferiores a demanda hídrica das culturas da mamona e girassol, proporcionaram redução no uso eficiente de terra (UET). O girassol não manifestou variações na altura de planta e diâmetro do capítulo nos tratamentos consorciados em relação ao monocultivo.

**Palavras-chave** – *Ricinus communis* (L.), *Helianthus annuus* (L.). UET.

## Castor bean and sunflower intercropping systems in row arrangement: Yield and yield components

### ABSTRACT

A field experiment was carried during 2008, 2009 and 2010, at “ Fazenda Lavoura Seca”, Quixada, Ceara, in order to evaluate the intercropping castor bean and sunflower under different row arrangements regarding to the yield, yield components and land equivalent ratio (LER) for castor bean (CB) and sunflower(SF) grown in intercropping and sole crop system. It was used a randomized complete block design with 4 replications and 7 treatments. The row arrangements were: 1CB:1SF; 1CB:2SF; 1CB:3SF; 2SB:2SF; 2CB:3SF rows, added castor bean and sunflower as sole crop. The yield of castor bean and sunflower as sole crop was higher than in the intercropping with different row arrangements. The best castor bean yield was found with 1CB:2SF. The castor bean was the dominant crop in relation to sunflower. Rainfall lower the water requirements of castor bean and sunflower crops, showed a reduction in LER. The sunflower did not show variations in plant height and head diameter in intercropping systems treatments compared to the sole crop.

**Key words** – *Ricinus communis* (L.). *Helianthus annuus* (L.). LER.

## 1 INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é originária da África e, muito provavelmente, da Etiópia (BELTRÃO et al., 2001). Essa planta pertence a família das Euphorbiaceas, encontrando-se disseminada por diversas regiões do globo terrestre, inclusive em áreas semiáridas, e é cultivada comercialmente entre os paralelos 40°N e 40°S (BELTRÃO; ARAÚJO, 2004). Vale destacar que os maiores produtores de mamona do mundo em crescente são China, Índia, Brasil e Paraguai. A produção de grãos de mamona no mundo e no Brasil na safra 2009 foi respectivamente, de 1.499.111 e 90.384 t. A produtividade da mamoneira no mundo e no Brasil em 2009 foi da ordem de 1.172 e 567,7 kg ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2009).

O girassol (*Helianthus annuus* L.) pertence a família Compositae ou Asteraceae (FERNÁNDEZ-MARTINEZ; PÉREZ-VICH; VELASCO, 2009). As sementes dessa espécie, podem ser utilizadas para fabricação de ração animal e extração de óleo de alta qualidade para consumo humano ou como matéria-prima para a produção de biodiesel. Devido a essas particularidades e à crescente demanda do setor industrial e comercial, a cultura do girassol é uma importante alternativa econômica em sistemas de rotação, consórcio e sucessão de cultivos nas regiões produtoras de grãos (PORTO; CARVALHO; PINTO, 2007). Cabe salientar que produtividade de grãos do girassol na safra 2009/2010 foi 640 e 1.137 kg ha<sup>-1</sup> para o Ceará e média nacional, respectivamente (CONAB, 2011).

A consorciação de culturas consiste no cultivo simultâneo de duas ou mais espécies numa área agrícola, tendo a dimensão espacial e temporal de convivência entre as plantas sativas. A escolha da configuração de fileiras e população de plantas adequada no sistema de consorciação entre espécies cultivadas proporciona incrementos no rendimento de grãos pelo efeito da complementação da exploração dos recursos do ambiente abaixo e acima do solo. A configuração de fileiras, também é conhecida por arranjo espacial no sistema de consorciação, consiste em delinear a melhor de distribuição das plantas no campo de produção de culturas associadas de modo que ocorra menor competição intra e interespecífica pelos recursos do ambiente, dentre eles, água, nutrientes e luz.

As pesquisas envolvendo mamona e girassol, em sistemas consorciados em diferentes configurações de fileira no Brasil são raras. Os sistemas consorciados em diferentes configurações foram estudados nos agroecossistemas de mamona+ milho

(AZEVEDO *et al.*, 2007 a), mamona + amendoim, mamona + grão de bico, mamona + “ guar ou clusterbean” (*Cyamopsis tetragonoloba*) e mamona + “fingermillet” (capim-pé-de-galinha) (KUMAR *et al.*, 2010), milho + caupi (YILMAZ; ATAK, ERAYMAN, 2008), milho+ melão, milho + quiabo, mandioca + quiabo (OLASANTAN, 1998), milheto + guandu (AROKIARAJ; KANNAPPAN, 1995), amendoim+ milho doce (BHAGAT *et al.* 2006), algodão herbáceo+ caupi+ sorgo (BEZERRA NETO *et al.*, 2001), sorgo+feijão (DOMINGOS *et al.*, 1977), milho+guandu (LINGARAJU; MARER; CHANDRASHEKAR, 2008), trigo+ervilha, trigo+lentilha, trigo+grão de bico (BANIK, 1996) e sorgo+feijão caupi (MOHAMMED *et al.*, 2009).

O cultivo da mamona consorciada com outras espécies cultivadas tem-se mostrado vantajoso em relação ao monocultivo. Os resultados comprovando tal afirmação, foram reportados em sistemas mamona+gergelim (BELTRÃO *et al.*, 2010 a), mamona+amendoim (BELTRÃO *et al.*, 2010 b), mamona consorciado com feijão mungo, feijão mungo-verde, caupi, soja e gergelim (THANUNATHAN *et al.*, 2008), mamona+ milho (AZEVEDO *et al.*, 2007 a), mamona+sorgo e mamona +caupi (CORRÊA *et al.*, 2006) e mamona + sorgo, mamona + gergelim e mamona + feijão caupi (TÁVORA *et al.*, 1988).

Ocorre escassez de informações relativas aos sistemas de cultivo da mamona e girassol consorciados em diferentes configurações de plantio. Desta forma, formulou-se duas hipóteses sobre o sistema de consorciação da mamona e girassol, a saber: I) Ocorre alteração na produtividade de grãos da mamona e girassol em diferentes de configurações de plantio nos sistemas consorciados em relação ao monocultivo? II) Os componentes de produtividade das plantas de mamona e girassol podem ser afetadas no sistema de consorciação em relação ao monocultivo. Com objetivo de avaliar as duas hipóteses citadas, realizou-se este trabalho durante os anos de 2008, 2009 e 2010 em Quixadá-Ceará, onde o sistema de consorciação que teve diferentes configurações de plantio para mamona e girassol.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização, clima e solo da área experimental

A pesquisa foi conduzida na Fazenda Lavoura Seca, localizada município de Quixadá-Ce, nos anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010. As coordenadas geográficas da fazenda experimental Lavoura Seca são: 4° 59' latitude sul, 39° 01' longitude oeste, sendo a altitude local de 190 m acima do nível do mar (BRASIL, 1973).

O clima do município de Quixadá conforme Köppen é semiárido do tipo BsH, quente e seco. A precipitação pluvial média é 873,3 mm, temperatura média anual de 26,7°C e umidade relativa do ar de 70% (BRASIL, 1973).

A caracterização do solo da área experimental foi realizada mediante a coleta de uma amostra de solo numa profundidade de 0- 20 cm, a qual foi enviada para análise no Laboratório de Química do Solo, do Departamento de Ciências do Solo do CCA/UFC, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Características Químicas	Anos Agrícolas		
	2008	2009	2010
pH em água (1: 2,5)	6,30	5,70	5,70
P <sup>+</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	5,00	14,00	7,00
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,20	0,23	0,14
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,03	0,03	0,05
Al <sup>+3</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,00	0,10	0,05
Ca <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,70	1,30	1,00
Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,30	0,70	0,80

Análise realizada no Laboratório de Química do Solo, do Departamento de Ciências do Solo do CCA/UFC

A adubação foi procedida conforme as recomendações da análise de fertilidade do solo tendo como base a cultura da mamona. Os fertilizantes empregados foram uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, na formulação 60:80:60 em 2008, 60:60:60 em 2009 e 60:80:60 em 2010. Na adubação de fundação usou-se 1/3 da dose recomendada para o nitrogênio, sendo realizada de forma integral para os nutrientes potássio e fósforo. A

adubação de cobertura foi realizada aos 30 dias, usou-se 2/3 da dose recomendada para nitrogênio com adição do equivalente a 2 kg boro ha<sup>-1</sup>.

A precipitação pluvial e a média da temperatura e umidade relativa ocorrida nos anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010 durante execução do experimento são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Precipitação pluvial e dados médios mensais de temperatura e umidade relativa do ar ocorrida na FELS. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Mês	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
<b>Ano agrícola de 2008</b>			
Janeiro	32,0	28,2	61,0
Fevereiro	35,0	28,0	58,0
Março	170,2	26,6	75,0
Abril	104,0	26,1	79,0
Maiο	158,1	26,0	76,0
Junho	62,5	26,2	74,2
Julho	32,5	26,3	66,8
Total/Média	594,30	26,77	70,0
<b>Ano agrícola de 2009</b>			
Janeiro	0,0	28,2	57,0
Fevereiro	107,0	26,9	69,0
Março	207,4	26,6	66,0
Abril	250,2	25,8	80,0
Maiο	268,3	25,5	80,0
Junho	153,9	25,2	77,0
Julho	48,0	25,2	86,0
Total/Média	1.034,8	26,2	73,5
<b>Ano agrícola de 2010</b>			
Janeiro	39,4	28,2	60,0
Fevereiro	0,0	28,2	58,0
Março	40,8	29,6	54,0
Abril	182,0	27,6	71,0
Maiο	14,5	28,0	64,0
Junho	50,5	27,2	60,0
Julho	0,0	27,9	50,0
Total/média	287,80	28,1	59,6

Fonte: Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará

## 2.2 Descrição das cultivares de mamona e girassol

A cultivar de mamona BRS ENERGIA, apresenta ciclo médio de 120 dias entre a germinação e a maturação dos últimos racemos, altura média de 140 cm, intervalo médio da emergência ao primeiro racemo de 30 dias, teor médio de óleo da semente 48,0%, cor da semente rajada com as cores beges e marron e potencial de produtividade média de 1.800 Kg ha<sup>-1</sup> de sementes (EMBRAPA, 2007 a).

A cultivar de girassol EMBRAPA 122, apresenta altura média de 155 cm, ciclo vegetativo 100 dias, início de florescimento 53 dias, maturação fisiológica 85 dias, diâmetro de capítulos 18 cm e teor de óleo 40-44% (EMBRAPA, 2007 b).

## 2.3 Descrição dos tratamentos

Os tratamentos avaliados foram: T<sub>1</sub>- uma fileira de mamona + uma fileira de girassol (1Ma:1Gi); T<sub>2</sub>- uma fileira de mamona + duas fileiras de girassol (1Ma:2Gi); T<sub>3</sub>- uma fileira de mamona + três fileiras de girassol (1Ma:3Gi); T<sub>4</sub>- duas fileiras de mamona + duas fileiras de girassol (2Ma:2Gi); T<sub>5</sub>-duas fileiras de mamona + três fileiras de girassol (2Ma:3Gi); T<sub>6</sub>- mamona monocultivo e T<sub>7</sub>- girassol monocultivo.

As parcelas consorciadas em configuração de fileira serão descritos a seguir: no tratamento T<sub>1</sub>- arranjo de 1:1 a mamoneira espaçada de 1m do girassol; no tratamento T<sub>2</sub>- arranjo de 1:2 a mamona espaçada de 0,7 m do girassol e as entre linhas desse de 0,6 m; no tratamento T<sub>3</sub>- arranjo de 1:3 a mamona espaçada de 0,6 m do girassol e as entre linhas desse de 0,4 m; no tratamento T<sub>4</sub>- arranjo de 2:2 a mamona espaçada de 1 m na fileira dupla e entre fileira dupla 2 m, e entre as fileiras duplas foram intercaladas duas fileiras de girassol espaçadas 0,6 entre girassol e 0,7 m para mamona e no tratamento T<sub>5</sub>- arranjo de 2:3 a mamona espaçada de 1 m na fileira dupla e entre fileira dupla 2 m, entre as fileiras duplas foram intercaladas duas fileiras de girassol espaçadas 0,4 m entre girassol e 0,6 m para mamona.

O espaçamento da mamona nas configurações de fileiras 1Ma:1Gi; 1Ma:2Gi e 1Ma:3Gi foi espaçamento de 2 m x 0,5 m. Nas fileiras duplas 2Ma:2Gi e 2Ma:3Gi foi de 2 m

x 1 m x 1 m. Ao passo que o espaçamento para girassol nas configurações 1Ma:1Gi foi 2 m x 0,24 m; 1Ma:2Gi espaçado de 0,6 x 0,4 x 2 m; 2 Ma:2iG espaçado de 0,6 x 0,4 x 2 m; 1Ma:3Gi espaçado de 0,4 x 0,6 x 2 m e 2 Ma:3Gi espaçado de 0,4 x 0,6 x 2 m.

O monocultivo teve suas parcelas constituídas por 6 fileiras de 8 m no espaçamento: mamona –1m x 1 m, enquanto o girassol teve 6 fileiras de 8 m girassol no espaçamento de – 0,8 m x 0,3 m.

Os sistemas de consórcio em arranjo de fileira e monocultivos tiveram comprimento de linha de plantio de 8 m. A coleta do material para o estudo da produção vegetal foi representada pelas duas fileiras centrais de cada parcela, de cada cultura, eliminando 1 m de cada extremidade das fileiras. Desta forma, o consórcio nos arranjos de fileira 1Ma:1Gi; 1Ma:2Gi e 1Ma:3Gi teve área útil de 24 m<sup>2</sup>, enquanto nos arranjos 2Ma:2Gi e 2Ma:3Gi área de 36m<sup>2</sup>. Já monocultivo de mamona e girassol apresentaram área útil, respectivamente de 24 m<sup>2</sup> e 19,2 m<sup>2</sup>. Cabe destacar que o cálculo da população de plantas nos sistemas de consorciação e no monocultivo da mamona e do girassol tomou-se como referência área útil de cada parcela experimental.

A representação esquemática dos tratamentos do consórcio e monocultivo, estão ilustrados na Figura 1.

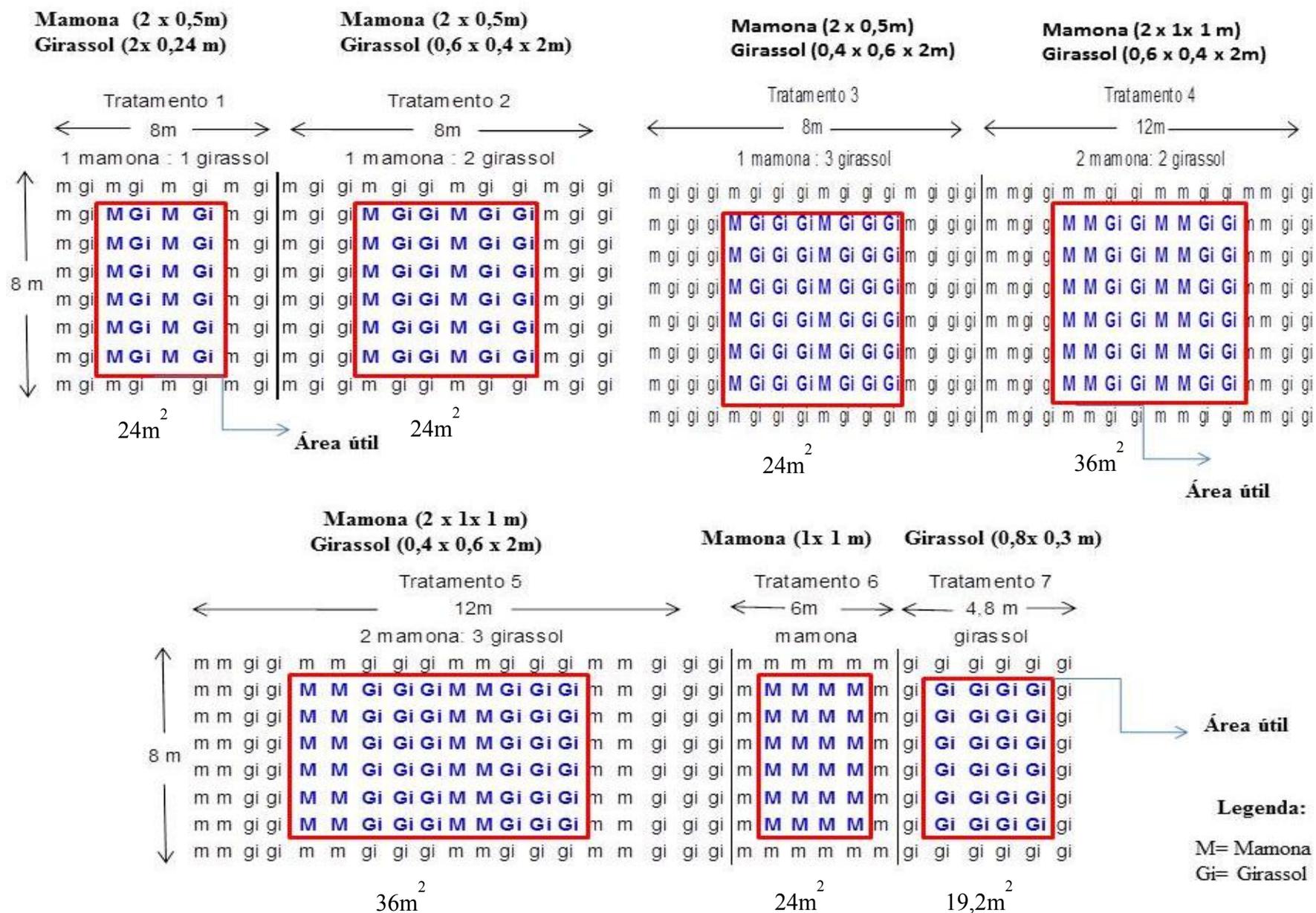


Figura 1- Representação esquemática da distribuição das fileiras de plantio da mamona (Ma) e girassol (Gi) em consórcio e no monocultivos. Quixadá-Ce, 2008, 2009 e 2010

## 2.4 Preparo do solo, plantio e adubação de fundação, desbaste de plântulas, adubação de cobertura e colheita

O solo foi preparado 2 dias antes do plantio, através de gradagem cruzada. A mamona e girassol foram plantadas em covas com 3 a 5 cm de profundidade, com 5 sementes cova<sup>-1</sup>.

As datas do plantio, adubações, desbaste de plantas, adubação de cobertura e colheita constam na Tabela 3. No ano de 2010 a adubação de cobertura não foi realizada em virtude da baixa umidade do solo na área experimental (Tabela 3).

Tabela 3 – Datas de plantio, adubação de fundação, desbaste de plantas, adubação de cobertura e colheita das culturas da mamoneira e girassol cultivados na FELS. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Culturas	Anos Agrícolas		
	2008	2009	2010
	Plantio e adubação de fundação		
Mamona	28/03	05/03	15/04
Girassol	28/03	05/03	15/04
	Desbaste de plântulas		
Mamona	09/04	17/03	28/04
Girassol	09/04	17/03	28/04
	Adubação de cobertura		
Mamona	30/04	07/04	-
Girassol	30/04	07/04	-
	Colheita		
Mamona	06/08	14/07	26/08
Girassol	16/07	23/06	28/07

O manejo das plantas daninhas ocorrentes na área experimental foi realizado por meio de três capinas manuais com enxadas em 2008 e 2009. Enquanto em 2010 foram realizadas duas capinas.

## **2.5 Características Avaliadas**

### **2.5.1 Cultura da mamona**

Para a mamona foram avaliadas: a) produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ); b) a participação relativa de ordem de racemos na produtividade total, obtida mediante divisão da produtividade de grãos da respectiva ordem de racemo pela produtividade total de grãos; c) altura da planta medida com auxílio de uma trena graduada em centímetros em 4 plantas da área útil em cada parcela, com escolha ao acaso; d) altura de inserção do racemo primário medida com auxílio de uma trena graduada em centímetros em 4 plantas da área útil em cada parcela escolhida ao acaso; e) número médio de racemos foi determinado mediante a divisão do número total de racemos colhidos em cada parcela pela quantidade plantas úteis; f) número médio de internódios até a inserção do racemo primário determinado através de contagem em 4 plantas da área útil em cada parcela; g) comprimento médio de internódios (cm) foi determinado mediante a divisão do número de internódios até a inserção do racemo primário pela altura de inserção do racemo primário e h) o comprimento efetivo de racemos (cm) foi determinado através da média de quatro racemos de cada parcela útil.

### **2.5.2 Cultura do girassol**

Para o girassol foram avaliados: a) produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ); b) altura da planta medida com auxílio de uma trena graduada em centímetros em 4 plantas da área útil em cada parcela, com escolha ao acaso, tomadas a partir do coleto da planta conforme a Figura 2 a ; c) altura de capítulo medida com auxílio de uma trena graduada em centímetros em 4 plantas da área útil em cada parcela escolhidos ao acaso, tomadas a partir do coleto da planta conforme a Figura 2 b e d) diâmetro do capítulo medido com auxílio de uma trena graduada em centímetros em 4 plantas da área útil em cada parcela escolhidos ao acaso, conforme a Figura 2 c.

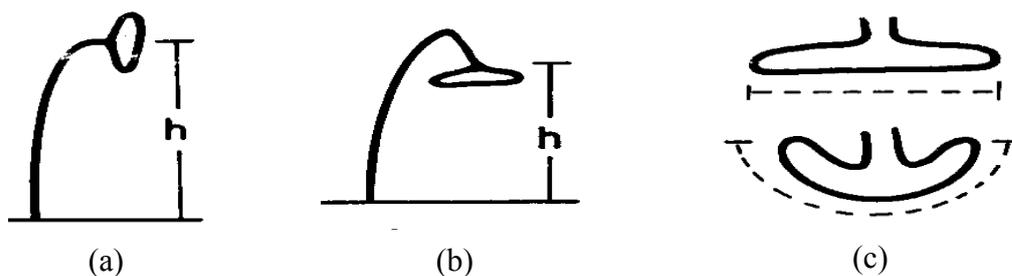


Figura 2. Ilustração de como foram tomadas as avaliações altura da planta (a), altura de capitulo (b) e diâmetro do capitulo (c) no girassol (CASTIGLIONI *et al.*, 1997).

## 2.6 Avaliação do consórcio

O sistema de consorciação foi avaliado pela eficiência biológica das plantas associadas através do Uso Eficiente de Terra (UET).

O Uso Eficiente de Terra (UET) foi obtido conforme a fórmula proposta (MEAD; WILLEY, 1980), expresso na equação 1.

$$UET = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} + \frac{Y_{ba}}{Y_{bb}} = UET_a + UET_b \quad (1)$$

Onde,  $Y_{ab}$  e  $Y_{ba}$  representam a produtividade das culturas 'a' e 'b' em consórcio,  $Y_{aa}$  e  $Y_{bb}$  é produtividade dos monocultivos. O  $UET_a$  e  $UET_b$  representam o uso eficiente de terra parcial da espécie 'a' e da espécie 'b'. Se  $UET > 1$ , então ocorre vantagem produtiva do consórcio, se  $UET = 1$  não ocorre vantagem produtiva, se  $UET < 1$ , então ocorre desvantagem produtiva em relação ao monocultivo.

## 2.7 Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento estatístico adotado no sistema de consorciação da mamona com girassol, foi o de blocos ao acaso com 7 tratamentos e 4 repetições, perfazendo 28 unidades experimentais.

Para realização da análise de variância (ANAVA) na cultura da mamona usou-se um delineamento em blocos em acaso com 6 tratamentos e 4 repetições nos anos de 2008, 2009 e 2010. Usou-se a análise de grupos de experimentos ou análise conjunta (SANTOS et al., 2008), para avaliar as variáveis produtividade de grãos, número de racemos, comprimento efetivo de racemos, altura de inserção dos racemos primários, comprimento de internódios, número de internódios nos anos de 2008, 2009 e 2010.

Para proceder a ANAVA na cultura do girassol usou-se um delineamento em blocos em acaso com 6 tratamentos e 4 repetições nos anos de 2008, 2009 e 2010. Usou-se a análise de grupos de experimentos (SANTOS et al., 2008) para avaliar as variáveis produtividade de grãos, altura de planta, altura de capítulo, diâmetro de capítulo em 2008, 2009 e 2010.

Nas variáveis como o uso eficiente de terra parcial para mamona ( $UET_{Ma}$ ), uso eficiente de terra parcial para girassol ( $UET_{Gi}$ ), uso eficiente de terra ( $UET = UET_{Ma} + UET_{Gi}$ ) adotou-se um delineamento em blocos em acaso com 5 tratamentos e 4 repetições nos anos de 2008, 2009 e 2010, para proceder a análise de grupos de experimentos conforme Santos *et al.*(2008).

A condição necessária para se fazer a análise conjunta dos dados é que ocorra a relação 7:1, entre o maior quadrado médio pelo menor quadrado médio. Caso não ocorra relação 7:1, para a realização da análise conjunta faz-se necessário, ajustamento dos graus de liberdade da interação tratamento x ano e para o resíduo, conforme metodologia proposta por Cochran (1954).

As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 População das culturas da mamona e girassol consorciados e no monocultivo

Os dados relativos a população de plantas observada e esperada das culturas da mamona e girassol consorciados e no monocultivo, constam na Tabela 4. De uma forma geral, constata-se que a maioria dos tratamentos consorciados e em monocultivo da mamona e girassol, apresentaram população observada de plantas, inferior a esperada. Verifica-se que menor população de plantas do girassol ocorreu no ano agrícola de 2009 (Tabela 4), gerando assim redução na produtividade de grãos, o que pode ser atribuído a elevada precipitação pluvial que procovou acamamento e quebra de plantas (Tabela 14).

Tabela 4 – População de plantas observada e esperada dos sistemas consorciados e monocultivos da mamona e girassol na Fazenda Lavoura Seca. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Tratamentos	Anos Agrícolas		
	2008	2009	2010
	<b>População observada de plantas de mamona (Plantas ha<sup>-1</sup>)</b>		
1Ma: 1Gi	9.479,00	10.000	8.958
1Ma: 2Gi	9.896,00	9.688	9.687
1Ma: 3Gi	9.375,00	9.479	8.020
2Ma: 2Gi	5.972,00	6.597	6.181
2Ma:3Gi	6.181,00	6.458	6.388
Ma monocultivo	9.375,00	10.000	9.479
	<b>População observada de plantas do girassol (Plantas ha<sup>-1</sup>)</b>		
1Ma: 1Gi	20.417	13.229	19.688
1Ma: 2Gi	24.688	15.417	23.646
1Ma: 3Gi	24.375	14.986	23.854
2Ma: 2Gi	15.972	10.833	15.000
2Ma: 3Gi	11.111	8.750	10.694
Gi monocultivo	41.667	23.177	39.583
	<b>População esperada de plantas (Plantas ha<sup>-1</sup>)</b>		
	Mamona	Girassol	
1Ma: 1Gi	10.000,00	20.833	
1Ma: 2Gi	10.000,00	25.000	
1Ma: 3Gi	10.000,00	25.000	
2Ma: 2Gi	6.667,00	16.667	
2Ma: 3Gi	6.667,00	11.111	
Ma ou Gi monocultivo	10.000,00	41.667	

### 3.2 Produtividade e componentes da produtividade da mamona

Constatou-se interação significativa ao nível de 5% de probabilidade entre tratamento x ano de cultivo, revelando dependência entre esses fatores para produtividade de grãos (Tabela 5). Isolando-se os fatores tratamentos e ano de cultivo, verificou-se a existência de efeito significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente (Tabela 5). O valor médio dos três anos (2008, 2009 e 2010) não apresentou diferenças entre os tratamentos consorciados, sugerindo a ocorrência de equivalência entre a competição intra e interespecífica. Além disso, o monocultivo não diferiu dos tratamentos em diferentes configurações de fileira consorciados (Tabela 6). Tais resultados foram divergentes aos verificados por Azevedo *et al.* (2007 a) e Kumar *et al.* (2010) estudando a cultura da mamona consorciada.

O desdobramento da interação entre tratamentos x ano de cultivo das médias de produtividade de grãos, pode ser observado na Tabela 6. Quando analisa-se o efeito de ano dentro de tratamento, constata-se que em 2008, todos os tratamentos consorciados apresentaram redução na produtividade de grãos em relação ao monocultivo da mamona. Em 2009 as diferenças significativas com o monocultivo, ocorreram nos tratamentos 1Ma:1Gi, 1Ma:3Gi e 2Ma:3Gi. Ao passo que em 2010, não foram constatados diferenças entre os tratamentos consorciados em relação ao monocultivo (Tabela 6). Por meio da análise de ano dentro de tratamento, verifica-se que as menores produtividade de grãos da mamona, ocorreram no ano 2010 comparado a 2008 e 2009, em decorrência da precipitação pluvial irregular e abaixo da demanda hídrica da cultura, possivelmente provocaram declínio no potencial hídrico da planta e conseqüentemente na taxa de assimilação carbono, gerando reduções no crescimento e desenvolvimento vegetal. Diversos autores, dentre eles, Távora *et al.* (1988), Corrêa *et al.* (2006), Azevedo *et al.* (2007 a, b), Thanunathan *et al.* (2008), Beltrão *et al.* (2010 a, b) e Kumar *et al.* (2010) reportaram reduções na produtividade da mamona nos sistemas consorciados em relação ao monocultivo. A presença do girassol no consórcio com a mamona, proporcionou reduções na produtividade da mamoneira de 15,90 a 68,38% em relação ao seu monocultivo. O menor declínio na produtividade de grãos foi observado na configuração de fileira 1Ma : 2Gi (Tabela 6).

Tabela 5 – Quadrado médio da produtividade de grãos (PG) da mamona consorciada com girassol em configuração de fileira. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Fontes de variação	GL	PG
		Quadrado Médio
Tratamento	5	377.822,70 **
Ano	2	4.294.496,46 *
Tratamento x Ano	10 <sup>a</sup>	109.365,92 *
Bloco d. Ano	9	48.333,23 **
Resíduo	45 <sup>b</sup>	30.205,20
Total	71	-
CV(%)		34,67

(\*), significativo ao nível de 5%, (\*\*) significativo ao nível de 1% e não significativo (<sup>ns</sup>) pelo teste F

(<sup>a</sup>) Graus de liberdade corrigido de 10 para 8 e (<sup>b</sup>) Graus de liberdade do resíduo corrigido de 45 para 30.

Tabela 6– Médias da produtividade de grãos (PG) da mamona consorciada com girassol em diferentes configurações de fileiras e monocultivo. Percentual de redução em relação ao monocultivo. Quixadá – CE, 2008, 2009 e 2010

Tratamentos	PG (kg ha <sup>-1</sup> )			Médias
	2008	2009	2010	
1Ma:1Gi	1.001,56 Ba	678,12 Bb	105,72 Ac	595,13 a
1Ma: 2Gi	694,27 Ba	978,12 ABb	142,18 Ac	604,85 a
1Ma:3Gi	707,81 Ba	685,41 Ba	77,08 Ab	490,10 a
2Ma:2 Gi	748,26 Ba	896,52 ABa	96,87 Ab	580,55 a
2Ma:3 Gi	603,12 BCa	670,48 Ba	85,76 Ab	453,12 a
Ma Monocultivo	1.469,79 Aa	1.163,02 Ab	243,75 Ac	958,85 a
Médias	870,80 A	845,28 A	125,23 B	//////////

Tratamentos	Percentual de redução em relação ao monocultivo (%)			Média
	2008	2009	2010	
1Ma:1Gi	31,86	41,69	56,63	43,39
1Ma: 2Gi	52,76	15,90	41,67	36,78
1Ma:3Gi	51,84	41,07	68,38	53,76
2Ma:2 Gi	49,09	22,91	60,26	44,09
2Ma:3 Gi	58,97	42,35	64,82	55,38
Ma Monocultivo	100,00	100,00	100,00	100,00

\*Médias seguidas da mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

\*\* Redução da produtividade =  $[1 - (PGC/PGM)] \times 100$ , onde produtividade do consórcio (PGC) e produtividade do monocultivo (PGM).

A produtividade de grãos dos racemos de ordem primária, secundária e terciária em 2008 e 2009 constam na Figura 3. Em 2008, os racemos de ordem primária e secundária apresentaram participação maiores que 29% na produtividade da cultura, enquanto os terciários valores menores que 15% (Figura 3). Estes dados estão em conformidade aos observados por Távora *et al.* (1988) e Corrêa *et al.* (2006), estudando mamona nos sistemas consorciados e no monocultivo, em condições de sequeiro na variável participação das ordens de racemos na produtividade de grãos.

No ano agrícola de 2009, a participação dos racemos secundários e terciários, revelaram participação na produtividade de grãos em média superiores a 30%, enquanto os racemos primários contribuíram com valores inferiores a 25%. Cabe salientar que no ano de 2009 precipitação pluvial foi superior a verificada 2008, o que possivelmente proporcionou uma maior formação de racemos terciários, contribuindo desta forma para aumentos na participação desses dos racemos em detrimento aos racemos primários (Figura 3). Além disso, a menor população de plantas de girassol em 2009 (Tabela 4), proporcionou menor competição interespecífica entre as espécies consorciadas.

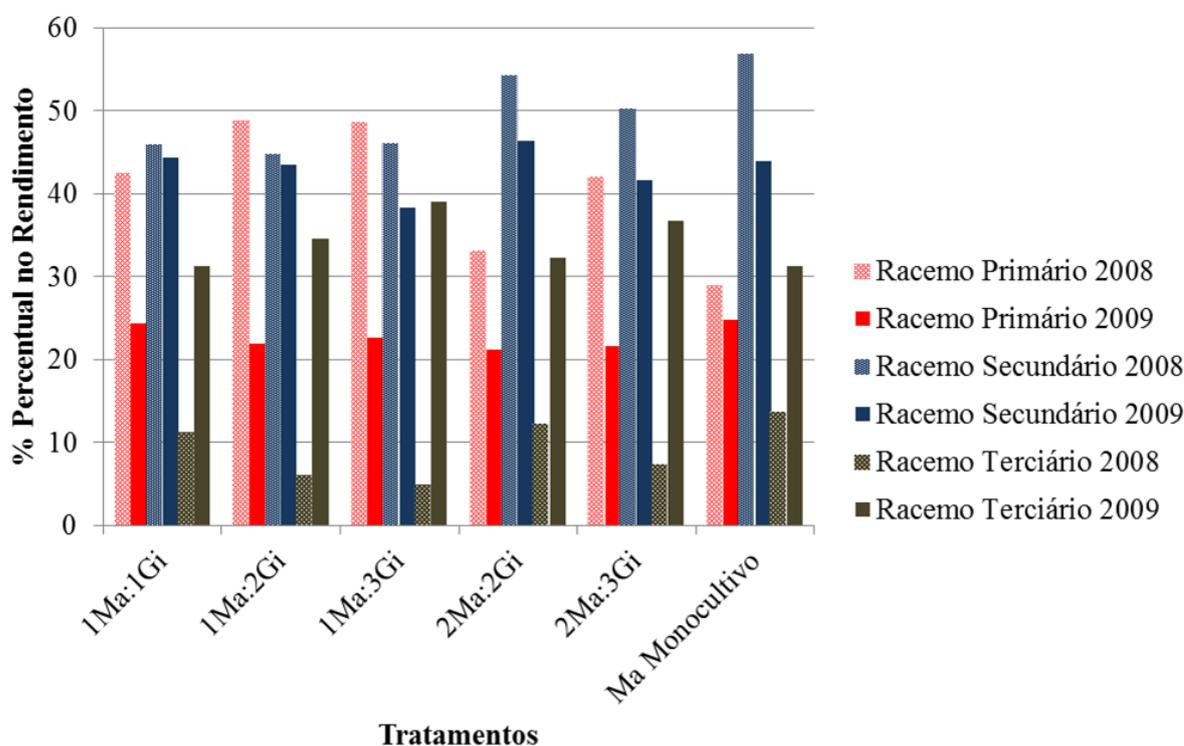


Figura 3. Participação dos racemos primários, secundários e terciários na produtividade de grãos da mamona no sistema de consorciação e monocultivo. Quixadá – CE. 2008 e 2009

Verificou-se significância estatística na interação e nos fatores isolados para comprimento efetivo da racemo (CR). Esse tipo de resposta constatada na interação entre configuração de filiera e ano agrícola de plantio, sugerem a dependência condicionada entre

fatores (Tabela 7). As médias entre tratamentos consorciados e monocultivo não diferiram entre si, para os valores gerais (Tabela 8).

Tabela 7 – Quadrado médio do comprimento efetivo de racemo (CR) da mamona consorciada com girassol, em diferentes configurações de fileiras. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Fontes de variação	GL	CR
		Quadrado Médio
Tratamento	5	275,87**
Ano	2	30,00 <sup>ns</sup>
Tratamento x Ano	10	12,46**
Bloco d. Ano	9	5,05*
Resíduo	45	2,05
Total	71	-
CV(%)		6,33

(\*), significativo ao nível de 5%, (\*\*), significativo ao nível de 1% e não significativo (<sup>ns</sup>) pelo teste F

Tabela 8– Médias de comprimento efetivo de racemo (CR) da mamona consorciada com girassol, em diferentes configurações de fileiras e no monocultivo. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Tratamentos	CR (cm)			Médias
	2008	2009	2010	
1Ma:1Gi	24,95 Bca	26,14 Aba	16,71 Bb	22,60 a
1Ma: 2Gi	21,73 BCb	25,67 BCa	16,57 Bc	21,33 a
1Ma:3Gi	22,07 BCa	23,68 BCca	14,43 BCb	20,07 a
2Ma:2 Gi	27,16 Ba	27,29 Aa	15,60 BCb	23,35 a
2Ma:3 Gi	24,97 Bb	26,91 Aa	16,66 Bc	22,85 a
Ma Monocultivo	28,55 Aa	27,03 Aa	18,42 Ab	24,67 a
Médias	24,90 A	26,12 A	16,40 B	///////

\*Médias seguidas da mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Esse tipo de comportamento também foi detectado por Kumar *et al.* (2010) estudando a mamona consorciada com amendoim, grão de bico, “ guar ou clusterbean” (*Cyamopsis tetragonoloba*) e “fingermillet” (capim-pé-de-galinha), que reportaram valores semelhantes para comprimento de racemo primário do consórcio em relação ao monocultivo. Ao passo que Corrêa (2005) pesquisando o sistema de cultivo da mamona consorciada com amendoim em condições de sequeiro, relata declínio no comprimento de racemo em relação ao monocultivo.

Avaliando-se o fator tratamento dentro de ano para comprimento efetivo de racemo da mamona (CR), constata-se que o efeito condicionado apresentou pequenas alterações do consórcio em relação ao monocultivo. Quando se analisa o efeito de ano agrícola dentro de tratamento, averigua-se que em 2010, ocorreram os menores valores de CR, comparados a

2008 e 2009, o que pode ser atribuído a precipitação pluvial irregular, durante as fenofases de vegetativas e reprodutivas ocorrida no local durante o período de execução do experimento (Tabela 8).

Observa-se na Tabela 9, através do resumo da análise de variância a ocorrência de efeitos significativos na interação tratamento x ano agrícola, como também nos fatores isolados para a variável número de racemos por planta (NRP). Com relação a interação esse tipo de resposta, revela efeitos de dependência entre os fatores estudados. A média geral para tratamentos e ano agrícola de cultivo, não proporcionou alterações significativas mediante a utilização do teste de Tukey (Tabela 10). Respostas semelhantes foram observadas por Azevedo *et al.* (2007 a) e Kumar *et al.* (2010), examinando a mamona nos sistemas consorciados e no monocultivo.

Tabela 9 – Quadrado médio do número de racemos por planta (NRP) da mamona consorciada com girassol, em diferentes configurações de fileiras. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Fontes de variação	GL	NRP
		Quadrado Médio
Tratamento	5	3,146 **
Ano	2	104,859 **
Tratamento x Ano	10 <sup>a</sup>	1,803 **
Bloco d. Ano	9	0,300 <sup>ns</sup>
Resíduo	45 <sup>b</sup>	0,369
Total	71	-
CV(%)	39,16	

(\*), significativo ao nível de 5%, (\*\*), significativo ao nível de 1% e não significativo (<sup>ns</sup>) pelo teste F

(<sup>a</sup>) Graus de liberdade corrigido de 10 para 8 e (<sup>b</sup>) Graus de liberdade do resíduo corrigido de 45 para 30.

Tabela 10– Médias do número de racemos por planta (NRP) da mamona consorciada com girassol, em diferentes configurações de fileiras e no monocultivo. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Tratamentos	NRP			
	2008	2009	2010	Médias
1Ma:1Gi	4,17 BCa	4,47 Ba	1,02 Aa	3,22 a
1Ma: 2Gi	3,48 BCa	4,20 Ba	0,96 Aa	2,88 a
1Ma:3Gi	3,21 BCDA	4,54 Ba	0,93 Aa	2,90 a
2Ma:2 Gi	5,43 Ba	5,42 Aa	1,03 Aa	3,96 a
2Ma:3 Gi	4,14 BCa	5,67 Aa	0,94 Aa	3,58 a
Ma Monocultivo	6,19 Aa	4,65 ABa	1,29 Aa	4,04 a
Médias	4,43 A	4,83 A	1,03 A	///////

\*Médias seguidas da mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A altura de planta (AP), número de internódios até a inserção do racemo primário (AIRP), comprimento de internódio da haste principal (CINT) e número de internódio por planta da haste principal (NIP) da mamoneira não diferiram na interação entre os fatores

tratamento e ano de cultivo (Tabela 11). Resposta deste tipo denota independência dos fatores tratamento e ano de cultivo (Tabela 11). As diferentes configurações de fileira no consórcio mamona+girassol, não proporcionaram modificações na primeira cultura para AP, AIRP, CINT e NIP, indicando que um provável efeito de equivalência na competição intra e interespecífica (Tabela 11 e 12). O fator ano de cultivo foi observado significância estatística (Tabela 11) sendo também constatado diferenças entre as médias (Tabela 12), o que caracteriza efeito das condições ambientes sobre as variáveis AP, AIRP, CINT e NIP.

Tabela 11- Quadrado médio da altura de planta (AP), altura de inserção do racemo primário (AIRP), comprimento de internódio da haste principal (CINT) e número de internódio por planta da haste principal (NIP) da mamona consorciada em diferentes configurações de fileiras. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio			
		AP	AIRP	CINT	NIP
Tratamento	5	0,016 <sup>ns</sup>	0,024 <sup>ns</sup>	0,320 <sup>ns</sup>	0,406 <sup>ns</sup>
Ano	2	5,971 <sup>**</sup>	0,548 <sup>**</sup>	34,421 <sup>**</sup>	12,541 <sup>**</sup>
Tratamento x Ano	10	0,025 <sup>ns</sup>	0,013 <sup>ns</sup>	0,457 <sup>ns</sup>	1,041 <sup>ns</sup>
Bloco d. Ano	9	0,018 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,186 <sup>ns</sup>	0,944 <sup>ns</sup>
Resíduo	45	0,012	0,009	0,250	0,909
Total	71	-	-	-	-
CV(%)	-	8,45	12,49	8,44	7,18

(\*) significativo ao nível de 5%, (\*\*) significativo ao nível de 1% e não significativo (<sup>ns</sup>) pelo teste F

Tabela 12– Médias da altura de planta (AP), altura de inserção do racemo primário (AIRP), comprimento de internódio da haste principal (CINT) e número de internódio por planta da haste principal (NIP) da mamona consorciada com girassol em diferentes configurações de fileiras e no monocultivo. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Tratamentos	AP (cm)	AIRP (m)	CINT (cm)	NIP
1Ma:1Gi	1,30 a	0,75 a	5,93 a	13,17 a
1Ma: 2Gi	1,33 a	0,82 a	6,03 a	13,54 a
1Ma:3Gi	1,32 a	0,84 a	5,97 a	13,17 a
2Ma:2 Gi	1,37 a	0,76 a	6,18 a	13,04 a
2Ma:3 Gi	1,32 a	0,79 a	6,02 a	13,29 a
Ma Monocultivo	1,40 a	0,71 a	5,42 a	13,42 a
<b>Ano</b>				
2008	1,63 a	0,86 a	6,98 a	12,65 b
2009	1,63 a	0,86 a	6,14 b	14,06 a
2010	0,76 b	0,60 b	4,59 c	13,10 b

\*Médias seguidas da mesma letra minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

As plantas de mamona e girassol apresentaram alturas semelhantes, o que poderia caracterizar um provável efeito de competição por luz e proporcionar, assim incrementos nessa variável nos tratamentos consorciados em comparação monocultivos (Tabela 12 e 16). Essa competição por luz entre os tratamentos consorciados em configuração de fileira e no monocultivo, não foi caracterizada na altura de planta, como pode-se constatar mediante

análise do teste de Tukey para segregação das médias dos sistemas avaliados na cultura da mamona. Respostas desta natureza, corroboram com as reportadas por Azevedo *et al.* (2007 a) e Kumar *et al.* (2010). A cultivar de mamona BRS ENERGIA, apresenta valor médio de altura da planta 1,40 m (EMBRAPA, 2007 a).

### 3.3 Produtividade e componentes da produtividade do girassol

A produtividade do girassol teve interação significativa entre os fatores tratamentos e ano de cultivo, como nos fatores isolados. Inferi-se, através deste tipo de resposta verificada na interação, a dependência entre os fatores, indicando que condições ambientais interferem na produtividade de grãos (Tabela 13).

Tabela 13 – Quadrado médio da produtividade do girassol consorciado com a mamona em configuração de plantio. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Fontes de variação	GL	Produtividade de grãos do girassol	
		Quadrado Médio	
Tratamento	5	357.073,865 **	
Ano	2	3.929.861,26 **	
Tratamento x Ano	10	366.684,83 **	
Bloco d. Ano	9	7.741,457 <sup>ns</sup>	
Resíduo	45	5.314,74	
Total	71	-	
CV(%)	13,58		

(\*) significativo ao nível de 5%, (\*\*) significativo ao nível de 1% e não significativo (<sup>ns</sup>) pelo teste F

A média geral dos três anos (2008, 2009 e 2010) revelou diferenças entre os tratamentos consorciados 1Ma:1Gi; 1Ma: 2Gi; 2 Ma: 2Gi e 2Ma: 3Gi em relação ao monocultivo (Tabela 14). Resultados semelhantes no que concerne, a redução na produtividade dos tratamentos consorciados em relação ao monocultivo, foram detectadas por Lopez *et al.* (2001), Saleem, Farooq e Ahmed (2003), Bayu *et al.* (2007), Rosales, Estrada e Sandoval (2008), Rosales e Mora (2009) e Shanthu, Chinnamuthu, Ramesh (2009).

Por meio da análise do desdobramento de ano dentro de tratamento, constata-se a que o monocultivo foi superior aos tratamentos consorciados em 2008, 2009 e 2010 na cultura do girassol. Vale salientar que o propósito da consorciação de culturas é alcançar a

complementação do uso dos fatores de produção a água, nutrientes e luz na dimensão de espacial e temporal, além de diversificar as colheitas. Essas reduções nos tratamentos consorciados em comparação ao monocultivo tiveram variação de 38,44 e 81,98%, tendo a configuração de plantio 1 Ma : 3Gi a maior diminuição na produtividade de grãos (Tabela 14).

Tabela 14– Médias do produtividade do girassol ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) consorciado com mamona em diferentes configurações de plantio. Percentual de redução em relação ao monocultivos. Quixadá – CE, 2008, 2009 e 2010

Tratamentos	Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ )			
	2008	2009	2010	Médias
1Ma:1Gi	760,93 BCa	177,60 BCb	273,95 BCc	404,17 b
1Ma: 2Gi	1.054,68 Ba	233,85 BCb	328,12 Bc	538,89 b
1Ma:3Gi	1.043,22 Ba	323,95 Bb	364,58 Bb	577,26 ab
2Ma:2 Gi	680,20 BCa	222,96 BCb	246,52 BCb	383,23 b
2Ma:3 Gi	956,59 BCa	183,23 BCc	284,02 BCb	474,62 b
Ma Monocultivo	1.485,67 Aa	395,18 Ac	641,27 Ab	840,71 a
Médias	996,8 A	256,13 B	356,42 B	///////

Tratamentos	Percentual de redução em relação ao monocultivo (%)			
	2008	2009	2010	Médias
1Ma:1Gi	51,22	44,94	42,72	46,29
1Ma: 2Gi	70,99	59,18	51,17	60,45
1Ma:3Gi	70,22	81,98	56,85	69,68
2Ma:2 Gi	45,78	56,42	38,44	46,88
2Ma:3 Gi	64,39	46,37	44,29	51,68
Ma Monocultivo	100,00	100,00	100,00	100,00

\* Médias seguidas da mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

\*\* Redução da produtividade =  $[1 - (\text{PGC}/\text{PGM})] \times 100$ , onde produtividade do consórcio (PGC) e produtividade do monocultivo (PGM).

Observou-se ausência de significância estatística nas características a altura de planta (AP), altura de capítulo (AC) e diâmetro do capítulo (DC) para a interação tratamento x ano agrícola de cultivo, como no fator isolado para tratamento. Apenas no fator ano agrícola de cultivo foi verificada diferenças estatísticas, revelando um provável efeito das condições climáticas sobre comportamento da AP, AC e DC (Tabela 15).

Tabela 15- Quadrado médio da altura de planta (AP), altura de capítulo (AC) e diâmetro do capítulo (DC) do girassol consorciado com mamona em configurações de plantio e no monocultivo. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio		
		AP	AC	DC
Tratamento	5	0,008 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	3,151 <sup>ns</sup>
Ano	2	0,654 <sup>**</sup>	0,293 <sup>**</sup>	342,961 <sup>**</sup>
Tratamento x Ano	10	0,004 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	1,427 <sup>ns</sup>
Bloco d. Ano	9	0,008 <sup>ns</sup>	0,013 <sup>ns</sup>	1,485 <sup>ns</sup>
Resíduo	45	0,009	0,007	1,331
Total	71	-	-	-
CV(%)	-	8,63	10,33	9,16

(\*) significativo ao nível de 5%, (\*\*) significativo ao nível de 1% e não significativo (<sup>ns</sup>) pelo teste F

Analisando-se, a altura de planta e altura de capítulo do girassol, observou-se ausência de significância estatística, entre tratamentos consórcios, como também em comparação destes ao monocultivo, através do teste de Tukey (Tabelas 16). Resultados semelhantes foram reportados por Saleem, Farooq e Ahmed (2003) para altura de planta de girassol no sistema de consorciação. Respostas diferenciadas em relação a variável altura de planta do girassol no sistema de plantio consorciado foram relatadas por Bayu *et al.* (2007). Com relação efeito para o fator ano agrícola de cultivo, foi detectada diferenças entre as médias pelo teste de Tukey (Tabela 16).

Tabela 16– Médias da altura de planta (AP), altura de capítulo (AC) e diâmetro do capítulo (DC) do girassol consorciado com mamona em difentes configurações de plantio e no monocultivo. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Tratamentos	AP (m)	AC (m)	AC (cm)
1Ma:1Gi	1,15 A	0,85 A	12,48 A
1Ma: 2Gi	1,14 A	0,84 A	12,60 A
1Ma:3Gi	1,12 A	0,82 A	12,95 A
2Ma:2 Gi	1,16 A	0,87 A	13,78 A
2Ma:3 Gi	1,09 A	0,82 A	13,52 A
Ma Monocultivo	1,15 A	0,86 A	12,89 A
<b>Ano</b>			
2008	1,28 A	0,85 B	17,33 A
2009	1,16 B	0,95 A	10,33 B
2010	0,95 C	0,73 C	11,43 B

Médias seguidas da mesma letra maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Mediante a análise das médias verifica-se a inexistência de significância estatística no diâmetro do capítulo de girassol pelo teste de Tukey, nos sistemas consorciados, como também no confronto deste ao monocultivo. As condições climáticas diferenciadas nos de 2008, 2009 e 2010, proporcionaram o aparecimento das diferenças entre as médias para

diâmetro do capítulo (Tabela 16). Resultados diferenciados aos observados no ensaio de consorciação da mamona com girassol foram encontrados por Saleem, Farooq e Ahmed (2003) e Olowe e Adeyemo (2009) no diâmetro do capítulo de girassol, e Rosales e Mora (2009) na área do capítulo.

### 3.3 Uso eficiente de terra (UET)

Com relação aos dados de uso eficiente de terra parciais da mamona ( $UET_{Ma}$ ) e girassol ( $UET_{Gi}$ ), verificou-se ausência de significância estatística para interação (tratamentos x ano agrícola de cultivo), denotando efeito de independência dos fatores analisados (Tabelas 17 e 18). Analisando-se o uso eficiente de terra total (UET), verifica-se que houve interação significativa entre os fatores tratamentos (sistemas consorciados e monocultivo) e ano agrícola de cultivo (2008, 2009 e 2010), sugerindo a ocorrência de dependência entre os fatores estudados (Tabela 17).

Tabela 17 - Quadrado médio do uso eficiente de terra parcial da mamona ( $UET_{Ma}$ ), uso eficiente de terra parcial do girassol ( $UET_{Gi}$ ) e uso eficiente de terra total (UET) no sistema de consorciação da mamona com girassol em diferentes configurações de fileiras. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Fontes de variação	GL	<sup>a</sup> $UET_{Ma}$	<sup>b</sup> $UET_{Gi}$	UET
		Quadrado Médio		
Tratamento	4	0,064 <sup>ns</sup>	0,095 <sup>ns</sup>	0,132 <sup>ns</sup>
Ano	2	0,364**	0,049 <sup>ns</sup>	0,777**
Tratamento x Ano	8	0,063 <sup>ns</sup>	0,038 <sup>ns</sup>	0,074*
Bloco d. Ano	9	0,051 <sup>ns</sup>	0,023 <sup>ns</sup>	0,306 <sup>ns</sup>
Resíduo	36	0,028	0,032	0,028
Total	59	-	-	-
CV(%)	-	30,96	33,95	10,31

(\*) significativo ao nível de 5%, (\*\*) significativo ao nível de 1% e não significativo (<sup>ns</sup>) pelo teste F

(<sup>a</sup>) O  $GL_{Tratamentos \times Ano}$  corrigido de 8 para 5 e os  $GL_{Resíduo}$  corrigido de 36 para 25 no  $UET_{Ma}$ .

(<sup>b</sup>) O  $GL_{Tratamentos \times Ano}$  corrigido de 8 para 4 e os  $GL_{Resíduo}$  corrigido de 36 para 19 no  $UET_{Gi}$ .

Analisando-se o valores parciais de UET da mamona e girassol, verifica-se que primeira cultura é classificada como dominante em relação a segunda, o que é caracterizado

pela superioridade no valor parcial deste índice agrônomo, sugerindo assim melhor utilização dos recursos do ambiente, água, nutrientes e luz (Tabela 18). Estudando o efeito combinado do UET, verifica-se vantagem produtiva em todas as configurações de fileira nos anos agrícolas de 2008 e 2009, comparados a seus monocultivos (Tabela 18). No ano de 2010, apenas o tratamento 1Ma : 2Gi teve vantagem em relação a seus monocultivos (Tabela 18). Os valores totais de UET nos fatores condicionados, ou seja, nos agrícolas de 2008, 2009 e 2010 apresentaram variação de 0,80 a 1,49 demonstrando ganhos de 49% e perdas de 20% no sistema de consórcio sobre o monocultivo. Entretanto, quando avalia-se o valor geral para tratamentos constatou-se que, a melhor configuração de fileira 1Ma: 2Gi na utilização do substrato do ambiente, ao passo que para ano agrícola nas condições de precipitação pluvial abaixo da necessidade hídrica das culturas da mamona e do girassol, teve perdas de 10% em relação ao monocultivo (Tabela 18). Cabe salientar que, a precipitação pluvial mínima requerida para as culturas da mamona é 600 mm (TÁVORA, 1982) e do girassol é de 400 mm (WINCH, 2006) para expressarem os seus potenciais produtivos.

Tabela 18- Médias do uso eficiente de terra parcial da mamona ( $UET_{Ma}$ ), uso eficiente de terra parcial do girassol ( $UET_{Gi}$ ) e uso eficiente de terra (UET) no sistema de consorciação da mamona com girassol em diferentes configurações de fileiras. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Tratamentos	Uso eficiente de terra parcial			
	$UET_{Ma}$	$UET_{Gi}$		
1Ma:1Gi	0,57 A	0,43 A		
1Ma: 2Gi	0,63 A	0,57 A		
1Ma: 3Gi	0,50 A	0,66 A		
2Ma: 2 Gi	0,58 A	0,51 A		
2Ma: 3 Gi	0,46 A	0,49 A		
<b>Ano</b>				
2008	0,54 A	0,57 A		
2009	0,69 A	0,55 A		
2010	0,42 A	0,48 A		
Tratamentos	Uso eficiente de terra total			
	2008	2009	2010	Médias
1Ma:1Gi	1,20 Aa	1,02 Bb	0,86 Bc	1,03 a
1Ma: 2Gi	1,19 Ab	1,42 Aa	1,10 Ac	1,24 a
1Ma:3Gi	1,27 Aa	1,43 Aa	0,89 Bb	1,20 a
2Ma:2 Gi	1,04 Ba	1,49 Aa	0,83 Bb	1,12 a
2Ma:3 Gi	1,08 Ba	1,06 Ba	0,80 Bb	0,98 a
Médias	1,16 A	1,29 A	0,90 B	////////

Médias seguidas da mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os resultados de uso eficiente de terra (UET) observados no consórcio mamona+girassol, revelaram que em condições de deficiência hídrica como ocorridas no ano

de 2010, ocasionaram redução neste índice agrônômico, respostas divergentes foram constatados nos sistemas de cultivo milho x feijão caupi (TÁVORA; LOPES, 1990). Natarajan e Willey (1986) relataram que o incremento do uso eficiente de terra nas condições de deficiência hídrica, depende da intensidade do estresse imposto, como também da configuração de plantio adotado no sistema de consorciação.

O UET expressa a dimensão física necessária para o monocultivo ter rendimentos equivalentes aos sistemas de consorciação. A par da importância do emprego deste índice agrônômico, para verificação de ganhos produtivos nos sistemas consorciados, alguns autores, o empregaram e observaram combinações de sucesso, a exemplo, mamona + gergelim (BELTRÃO *et al.*, 2010 a), mamona + amendoim (BELTRÃO *et al.*, 2010 b), mamona + amendoim, mamona + grão de bico, mamona + “ guar ou clusterbean” (*Cyamopsis tetragonoloba*) e mamona + “fingermillet” (capim-pé-de-galinha) (KUMAR *et al.*, 2010), mamona consorciado com feijão mungo, feijão mungo-verde, caupi, soja e gergelim (THANUNATHAN *et al.*, 2008), mamona + milho (AZEVEDO *et al.*, 2007 a), mamona + sorgo e mamona +caupi (CORRÊA *et al.*, 2006) e mamona culturas anuais de ciclo curto (TÁVORA *et al.*, 1988), sorgo + mamona (TARHALKAR; RAO, 1979).

## CONCLUSÕES

A produtividade de grãos nos sistemas consorciados em configuração de fileira da mamona e girassol foram reduzidas em relação aos monocultivos.

A configuração de fileira 1Ma: 2Gi, revelou menor redução na produtividade de grãos da mamona.

Os racemos de ordem secundária apresentaram maior participação na produtividade de grãos da mamona em comparação aos racemos primários e terciários.

As diferentes configurações de fileira no consórcio mamona e girassol, não proporcionaram, modificações na altura de planta, altura de inserção do racemo primário, comprimento de internódio e número de internódios da mamoneira.

Precipitações pluviais inferiores a demanda hídrica das culturas da mamona e girassol, revelaram redução no uso eficiente de terra (UET).

A mamona foi dominante quando consorciada com o girassol.

A altura de planta, altura de capítulo e diâmetro do capítulo do girassol não manifestaram variações quando consorciada com a mamona.

## REFERÊNCIAS

AROKIARAJ, A; KANNAPPAN, K. Intercropping pearl millet with pigeonpea under rainfed condition. **The Madras Agricultural Journal**, v. 82, n.11, p. 571- 573, 1995.

AZEVEDO, D. M. P. DE; BELTRÃO, N. E. DE, M.; SEVERINO, L. S.; SANTOS, J. W. DOS; LEÃO, A. B. Arranjos de fileiras no consórcio mamoneira com milho no semi-árido PARAIBANO. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p.91-105, 2007 a.

AZEVEDO, D. M. P. DE; BELTRÃO, N. E. DE, M.; SEVERINO, L. S.; SANTOS, J. W. DOS; LEÃO, A. B. Rendimento e eficiência agrônômica do consórcio da mamoneira com cereais e feijão caupi no semi-árido NORDESTINO. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p.145-162, 2007 b.

BANIK, P. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) and legume intercropping under 1:1 e 2:1 row-replacement series system. **Journal Agronomy and Crop Science**, v. 176, n. 5, p. 289-294, 1996.

BAYU, W.; ADDISU, M.; TADESSE, B.; ADMASSU, L. Intercropping tef and sunflower in semi-arid areas of Welo, Ethiopia. **Tropical Science**, v. 47, n. 1, p. 16-21, 2007

BELTRÃO, N. E. de M, ARAÚJO, A. E de. **Zoneamento Agrícola**. Campina Grande: Embrapa – CNPA, 2004, 23p. (Embrapa Algodão, Documentos 126).

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: **O agronegócio da mamona no Brasil**. AZEVEDO, D. M. e LIMA, E.F. (Ed.). Embrapa algodão (Campina Grande – Paraíba) – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 37-62.

BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; MARACAJA, P. B. Época relativa de plantio no consórcio mamona e gergelim. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v. 5, n. 5, p-67-73, 2010 a.

BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; OUTO, J. S. Consórcio mamona e amendoim: Opção para a agricultura familiar. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v. 5, n. 4, p-222-227, 2010 b.

BEZERRA NETO, F.; TORRES FILHO, J.; HOLANDA, J. S. DE; SANTOS, E. F.; ROSADO, C. A. DE S. Efeito do sistema de cultivo e arranjo especial no consórcio algodão herbáceo + caupi + sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n 5, p. 715-727, 1991.

BHAGAT, S. B.; CHAVAN, S. A.; ZAGADE, M. V.; DAHIPHALE, A. V. Intercropping groundnut and sweet corn at different fertility levels and row proportions. **Indian Journal Crop Science**, v.1, n. 1-2, p.151-153, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Rio de Janeiro: MAPA/SUDENE. 1973. v. 1, p. 301 (Boletim Técnico, 28).

CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; CASTRO, C. de; SILVEIRA, J. M. **Fases de desenvolvimento da planta de girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1997, 24p. (Documentos, 59).

COCHRAN, W. G. The combination of estimates from diferent experiments. **Biometrics**, v.10, n.1, p.101-120, 1954.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, Quarto levantamento, janeiro 2011**. Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, 41p. 2011.

CORRÊA, M. L. P.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B. Comportamento de cultivares de mamona em sistema de monocultivos e consorciados com caupi e sorgo granífero. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.2, p.200-2007, 2006.

CORRÊA, M. L. P. **Comportamento da mamoneira consorciada com caupi, sorgo e amendoim. 2005**, 85 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

DOMINGOS, M.; SILVA, R. F.da; SANTOS, F. G. dos; CARDOSO, A. A.; FONTES, L. A. N. Consórcio sorgo-feijão: efeitos de arranjos de fileira no rendimento de grãos. **Revista Ceres**, v. 44, v.255, p.520-532, 1977.

**EMBRAPA. Cultivares**. Disponível em:

<[http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op\\_page=64&cod\\_pai=155](http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=64&cod_pai=155)>, acesso em 27 dez. de 2007 b.

EMBRAPA ALGODÃO (Campina Grande, PB). **MAMONA BRS ENERGIA**, 2007 a (Folder).

FERNÁNDEZ-MARTINEZ, J. M.; PÉREZ -VICH, B.; VELASCO, L. Sunflower. In: **Handbook of Plant Breeding, Volume 4, Oil Crops**, Springer, 548 p, 2009.

**FAOSTAT. Produção e Produtividade da mamoneira em 2009**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em 22 de dez de 2010.

KUMAR, H. C. S.; MUDALAGIRIYAPPA; NANJAPPA, H. V.; RAMACHANDRAPPA, B. K. Productive performance of castor (*Ricinus communis* L.) based intercropping systems under rainfed conditions of Central Dry Zone in Karnataka. **Mysore Journal of Agricultural Sciences**, v. 44, n. 3, p. 481-484, 2010.

LINGARAJU, B. S.; MARER, S. B; CHANDRASHEKAR, S. S. Studies on Intercropping of Maize and Pigeonpea Under Rainfed Conditions in Northern Transitional Zone of Karnataka. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v.21, n.1, p. 1-3, 2008.

LOPEZ, J.; BALDINI, M.; QUAGLIOTTI, L.; OLIVIERI, A. M. Intercropping sunflower and maize in MOZAMBIQUE. **Helia**, v. 24, n. 35, p. 1-10, 2001.

MEAD, R.; WILLEY, R. W. The concept of a 'Land Equivalent Ratio' and advantages in yields from intercropping. **Experimental Agriculture**, v.16, n.3, p.217-228, 1980.

MOHAMMED, I. B.; OLUFAJO O. O.; SINGH B. B.; OLUWASEMIRE K. O.; CHIEZEY U. F. Cowpea genotype and row arrangement effects on the productivity and economic returns of sorghum/cowpea intercrop in the NIGERIAN SAVANNA. **Agricultura Tropica et Subtropica**, v.42, n.3, p.145-151, 2009.

NATARAJAN, M.; WILLEY, R. W. The effects of water stress on yield advantages of intercropping systems. **Field Crops Research**, v. 13, p. 117-131, 1986.

OLASANTAN, F. O. Beneficial chances in environment and growth characteristics intercropping systems with vegetables and arables crops. **Tropical Agricultural Research and Extension**, v. 1, n. 1, p. 12-18, 1998.

OLOWE, V. I. O.; AJAYI, J. A.; OGUNBAYO, A. S. Potential of intercropping soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) and cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) with sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the transition zone of south west Nigeria. **Tropical Agricultural Research & Extension**, v. 9, p. 91-102, 2006.

PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P. de; PINTO, R. J. B. Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n 4, p. 491-499, 2007.

ROSALES, E. J. M.; MORA, O. F. Biomass, yield and land equivalent ratio of *Helianthus annuus* L. IN SOLE crop and intercropped with *Phaseolus vulgaris* L. in high Valleys of MEXICO. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.10, n.3, p.431 – 439, 2009.

ROSALES, E. J. M.; ESTRADA, J. E.; SANDOVAL, J. L. Crecimiento, índice de cosecha y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en unicultivo y asociado con girasol (*Helianthus annuus* L.). **Universidade y Ciencia**, v.24, n.1, p. 1 – 10, 2008.

SALEEM, R.; FAROOQ, M. U.; AHMED, R. Bio-economic assessment of different based intercropping systems at different geometric configurations. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 6, n. 13, p. 1.187-1.190, 2003.

SANTOS, J. W. dos; ALMEIDA, F. de A. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; CAVALCANTI, F. B. **Estatística experimental aplicada**. 2ed. Revisada e Ampliada. Campina Grande: EMBRAP Algodão/Universidade Federal de Campina Grande, 2008. 461 p.

SHANTHY, A.; CHINNAMUTHU, C. R.; RAMESH, T. Productivity and economics of groundnut-sunflower intercropping system as influenced by nutrient management practices under irrigated condition. **The Madras Agricultural Journal**, v. 96, n. 7-12, p. 374-377. 2009.

TARLALKAR, P. P.; RAO, N.G. P. **Genotype-plant density considerations in the development of an eficiente intercropping system for sorghum**. Proceedings of the International Workshop on intercropping. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Hyderabad, India, 10-13 Jan. 1979.

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

TÁVORA, F. J. A. F.; LOPES, L. H. de O. Deficiência hídrica no consórcio milho x caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 7, p. 1011-1022, 1990.

TÁVORA, F. J. A. F.; MELO, F. I. O.; SILVA, F.P. DA; BARBOSA FILHO, M. Consorciação d mamona com culturas anuais de ciclo curto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 19, n. 2, p. 85-94, 1988.

THANUNATHANM, K.; MALARVIZHI, S.; THIRUPPATHI, M., IMAYAVARAMABAN, V. Economic evaluation of castor-based intercropping systems, **The Madras Agricultural Journal**, v. 95, n. 1-6, p. 38-41. 2008.

WINCH, T. DESCRIPTION AND CHARACTERISTICS OF THE MAIN FOOD CROPS – Sunflower. In: **Growing Food: A Guide to Food Production**, Springer, 342 p, 2006.

YILMAZ, Ş.; ATAK, M.; ERAYMAN, M. Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the East Mediterranean Region. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 32, n. 2, p. 111-119, 2008.

## CAPÍTULO 2

### RESUMO

#### **Antecipação de plantio da mamona consorciada com girassol: Produtividade e seus componentes**

Um ensaio de campo foi conduzido nos anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010, na Fazenda Lavoura Seca, Quixadá, Ceará, com objetivo de avaliar a antecipação de plantio da mamona em relação ao girassol quanto a produtividade de grãos e seus componentes. O delineamento utilizado foi blocos ao acaso com 6 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos consorciados constaram da antecipação de plantio da mamona em 0, 7, 14 ou 21 dias do plantio antes do girassol, acrescidos do monocultivo da mamona e girassol. A produtividade de grãos da mamona e girassol nos consórcio foram inferiores ao monocultivo. A mamona foi dominante sobre o girassol na utilização dos recursos do ambiente. Precipitações pluviais inferiores a demanda hídrica das culturas da mamona e girassol, proporcionaram redução no uso eficiente de terra (UET). O girassol não manifestou variações na altura de planta e diâmetro do capítulo nos tratamentos consorciados em relação ao monocultivo.

**Palavras-chave** – *Ricinus communis* (L.). *Helianthus annuus* (L.). UET.

## Early planting of castor bean intercropped with sunflower: Yield and yield components

### ABSTRACT

A field experiment was carried during 2008, 2009 and 2010, at “ Fazenda Lavoura Seca”, Quixada, Ceara, in order to evaluate the early planting of castor bean in relations to sunflower in intercropping systems, regarding to the yield and yield components. It was used a randomized complete block design with 4 replications and 6 treatments. Were evaluated the early planting of castor bean in 0, 7, 14 or 21 days in relations to sunflower the intercropping systems. Between the intercropping systems the highest yields were observed when early planting of castor bean was of 14 or 21 days before sunflower. The castor bean was the dominant crop in relation to sunflower. Rainfall lower the water requirements of castor bean and sunflower crops, showed a reduction in LER. The sunflower did not show variations in plant height and head diameter in intercropping systems treatments compared to the sole crop.

**Key words** – *Ricinus communis* (L.). *Helianthus annus* (L.). LER.

## 1 INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é originária da África (BELTRÃO et al., 2001), pertencendo a família das Euphorbiaceas, encontrando-se disseminada por diversas regiões do globo terrestre, inclusive em áreas semiáridas, sendo cultivada comercialmente entre os paralelos 40°N e 40°S (BELTRÃO; ARAÚJO, 2004). Essa planta apresenta, teor de óleo (48- 60%) na semente e o alto nível de ácido ricinoléico (80-90%) gerando ampla utilização industrial (AULD *et al.*, 2009), além disso, o subproduto da extração do óleo a torta de semente, pode ser empregado como adubo orgânico e alimentação animal (SEVERINO, 2005).

O girassol (*Helianthus annus* L.) pertence a família da Compositae ou Asteraceae (FERNÁNDES-MARTINEZ; PÉREZ-VICH; VELASCO, 2009). As sementes dessa espécie, podem ser utilizadas para fabricação de ração animal e extração de óleo de alta qualidade para consumo humano ou como matéria-prima para a produção de biodiesel. Devido a essas particularidades e à crescente demanda do setor industrial e comercial, a cultura do girassol é uma importante alternativa econômica em sistemas de rotação, consórcio e sucessão de cultivos nas regiões produtoras de grãos (PORTO; CARVALHO; PINTO, 2007).

A produtividade de grãos de mamona na safra 2009/2010 no estado do Ceará e a média nacional, foram respectivamente de 196 e 637 kg ha<sup>-1</sup>. Enquanto para o sistema de cultivo do girassol teve produtividade de grãos nessa safra de 640 e 1.137 kg ha<sup>-1</sup> para o Ceará e média nacional, respectivamente (CONAB, 2011). Os sistemas de cultivos da mamona e girassol apresentam potencial para expansão no Brasil, em função fornecimento de matéria prima para produção de biodiesel, podendo gerar emprego e inclusão social. O governo Federal do Brasil, por meio da Resolução ANP N° 167, de 19 de março de 2008, estabeleceu a obrigatoriedade da adição de um percentual de 5% do biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor, em qualquer parte do território nacional, a partir de janeiro de 2010.

O plantio consorciado é prática comum entre os pequenos agricultores do Nordeste do Brasil. Essa prática consiste no cultivo simultâneo de duas ou mais espécies numa área agrícola, tendo a dimensão espacial e temporal de convivência entre as plantas cultivadas. Sabe-se que tal sistema de plantio apresenta vantagens como, redução da erosão do

solo, redução da incidência de plantas daninhas e pragas, redução do risco e aumento da estabilidade de rendimento possibilitando geração de renda ao pequeno produtor devido à diversificação das colheitas numa área agrícola.

As pesquisas envolvendo mamona e girassol, em sistemas consorciados com antecipação do plantio no Brasil são raras. Ensaio sobre antecipação do plantio, nos sistemas de consorciados, propõem redução da competição interespecífica entre as espécies cultivadas juntas. Modificações nas épocas relativas de plantio nos agroecossistemas de consorciação apresentam importância capital no manejo agrícola, foram investigadas em vários sistemas de associação, por exemplo, mamona+gergelim (BELTRÃO *et al.*, 2010 a), mamona+amendoim (BELTRÃO *et al.*, 2010 b), algodão+feijão caupi (ENDONDO; SAMATANA, 1999; KALONDA, 1993), mandioca + soja (MBAH; MUONEKE; OKPARA, 2008), milho+ feijão caupi (FLESCHE, 2002; MAURICE *et al.*, 2010), girassol + cana-de-açúcar (PEÑA; DOMINGUEZ ; AGUDELO, 1989), algodão + amendoim (ARAÚJO *et al.*, 2006) e mandioca + feijão (HERNÁNDEZ; RAMOS; SÁNCHEZ, 1999).

Os sistemas de consorciação entre plantas cultivadas, representam grande relevância nas pesquisas no cenário nacional e mundial. No entanto, ocorre escassez de informações relativas aos sistemas de cultivo da mamona e girassol consorciados. Desta forma, formulou-se três hipóteses sobre o sistema de consorciação da mamona e girassol, a saber: I) a antecipação de plantio da mamona (Ma) em relação ao girassol (Gi), aumentam a produtividade da primeira cultura e reduzem a produtividade da segunda cultura?, II) a produtividade do consórcio é inferior ao monocultivo? e III) Os componentes de produtividade das plantas de mamona e girassol podem ser afetadas no sistema de consorciação em relação ao monocultivo. Com objetivo de avaliar as três hipóteses citadas, realizou-se este trabalho durante os anos de 2008, 2009 e 2010 em Quixadá-Ceará, onde a mamona teve antecipação do plantio em relação ao girassol, a semeadura dos monocultivos das duas culturas ocorreram simultaneamente.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização, clima e solo da área experimental

A pesquisa foi conduzida na Fazenda Lavoura Seca, localizada município de Quixadá-Ce, nos anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010. As coordenadas geográficas da fazenda experimental Lavoura Seca são: 4° 59' latitude sul, 39° 01' longitude oeste, sendo a altitude local de 190 m acima do nível do mar (BRASIL, 1973).

O clima do município de Quixadá conforme Köppen é semiárido do tipo BsH, quente e seco. A precipitação pluvial média é 873,3 mm, temperatura média anual de 26,7°C e umidade relativa do ar de 70% (BRASIL, 1973).

A caracterização do solo da área experimental foi realizada mediante a coleta de uma amostra de solo numa profundidade de 0- 20 cm, a qual foi enviada para análise no Laboratório de Química do Solo, do Departamento de Ciências do Solo do CCA/UFC, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Características Químicas	Anos Agrícolas		
	2008	2009	2010
pH em água (1: 2,5)	6,30	5,70	5,70
P <sup>+</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	5,00	14,00	7,00
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,20	0,23	0,14
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,03	0,03	0,05
Al <sup>+3</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,00	0,10	0,05
Ca <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,70	1,30	1,00
Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,30	0,70	0,80

Análise realizada no Laboratório de Química do Solo, do Departamento de Ciências do Solo do CCA/UFC

A adubação foi procedida conforme as recomendações da análise de fertilidade do solo tendo como base a cultura da mamona. Os fertilizantes empregados foram uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, na formulação 60:80:60 em 2008, 60:60:60 em 2009 e 60:80:60 em 2010. Na adubação de fundação usou-se 1/3 da dose recomendada para o nitrogênio, sendo realizada de forma integral para os nutrientes potássio e fósforo. A

adubação de cobertura foi realizada aos 30 dias, usou-se 2/3 da dose recomendada para nitrogênio com adição do equivalente a 2 kg boro ha<sup>-1</sup>.

A precipitação pluvial e a média da temperatura e umidade relativa ocorrida nos anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010 durante execução do experimento são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Precipitação pluvial e dados médios mensais de temperatura e umidade relativa do ar ocorrida na FELS. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

<b>Mês</b>	<b>Precipitação (mm)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Umidade Relativa (%)</b>
<b>Ano agrícola de 2008</b>			
Janeiro	32,0	28,2	61,0
Fevereiro	35,0	28,0	58,0
Março	170,2	26,6	75,0
Abril	104,0	26,1	79,0
Mai	158,1	26,0	76,0
Junho	62,5	26,2	74,2
Julho	32,5	26,3	66,8
Total/Média	594,30	26,77	70,0
<b>Ano agrícola de 2009</b>			
Janeiro	0,0	28,2	57,0
Fevereiro	107,0	26,9	69,0
Março	207,40	26,6	66,0
Abril	250,2	25,8	80,0
Mai	268,3	25,5	80,0
Junho	153,9	25,2	77,0
Julho	48,0	25,2	86,0
Total/Média	1034,8	26,2	73,57
<b>Ano agrícola de 2010</b>			
Janeiro	39,4	28,2	60,0
Fevereiro	0,0	28,2	58,0
Março	40,8	29,6	54,0
Abril	182,0	27,6	71,0
Mai	14,5	28,0	64,0
Junho	50,5	27,2	60,0
Julho	0	27,9	50,0
Total/média	287,80	28,1	59,6

Fonte: Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará

## 2.2 Descrição das cultivares de mamona e girassol

A cultivar de mamona BRS ENERGIA, apresenta ciclo médio de 120 dias entre a germinação e a maturação dos últimos racemos, altura média de 140 cm, intervalo médio da emergência ao primeiro racemo de 30 dias, teor médio de óleo da semente 48,0%, cor da semente rajada com as cores beges e marron e potencial de produtividade média de 1800 Kg ha<sup>-1</sup> de sementes (EMBRAPA, 2007 a).

A cultivar de girassol EMBRAPA 122, apresenta altura média de 155 cm, ciclo vegetativo 100 dias, início de florescimento 53 dias, maturação fisiológica 85 dias, diâmetro de capítulos 18 cm e teor de óleo 40-44% (EMBRAPA, 2007 b).

## 2.3 Descrição dos tratamentos

Os tratamentos avaliados foram: T<sub>1</sub>: mamona + girassol plantio simultâneo (0APMa); T<sub>2</sub>: mamona+ girassol com antecipação do plantio da mamona em 7 dias (7 APMa); T<sub>3</sub>: mamona + girassol com antecipação do plantio da mamona em 14 dias (14 APMa); T<sub>4</sub>: mamona+ girassol com antecipação do plantio da mamona em 21 dias (21 APMa); T<sub>5</sub>: mamona monocultivo e T<sub>6</sub>: girassol monocultivo. Os tratamentos T<sub>5</sub> e T<sub>6</sub> foram semeados ao mesmo tempo do tratamento T<sub>1</sub>.

As parcelas consorciadas foram compostas por quatro fileiras de mamona com 8 m de comprimento espaçadas de 1,0 m, entre as quais foi intercalado 1 fileira de girassol. A mamona teve espaçamento dentro da fileira de 1 m, enquanto o girassol foi de 0,4 m.

No consórcio a população de plantas para a mamona (Ma) foi de 10.000 plantas ha<sup>-1</sup> (1 m x 1 m), enquanto girassol (Gi) teve 25.000 plantas ha<sup>-1</sup> (1 m x 0,4 m). O monocultivo teve suas parcelas constituídas de 4 fileiras de 8 m nos seguintes espaçamentos: mamona –1m x 1 m (10.000 plantas ha<sup>-1</sup>) e o girassol – 0,8 m x 0,4 m (31.250 plantas ha<sup>-1</sup>).

A área útil para coleta do material para o estudo da produção vegetal foi representada pelas duas fileiras centrais de cada parcela, de cada cultura, eliminando 1 m de cada extremidade das fileiras. Desta forma o consórcio teve uma área útil de 12 m<sup>2</sup>. Já monocultivo de mamona e girassol tiveram área útil de 12 m<sup>2</sup> e 9,6 m<sup>2</sup>, respectivamente.

A representação esquemática dos tratamentos do consórcio e monocultivo, estão ilustrados na Figura 1.

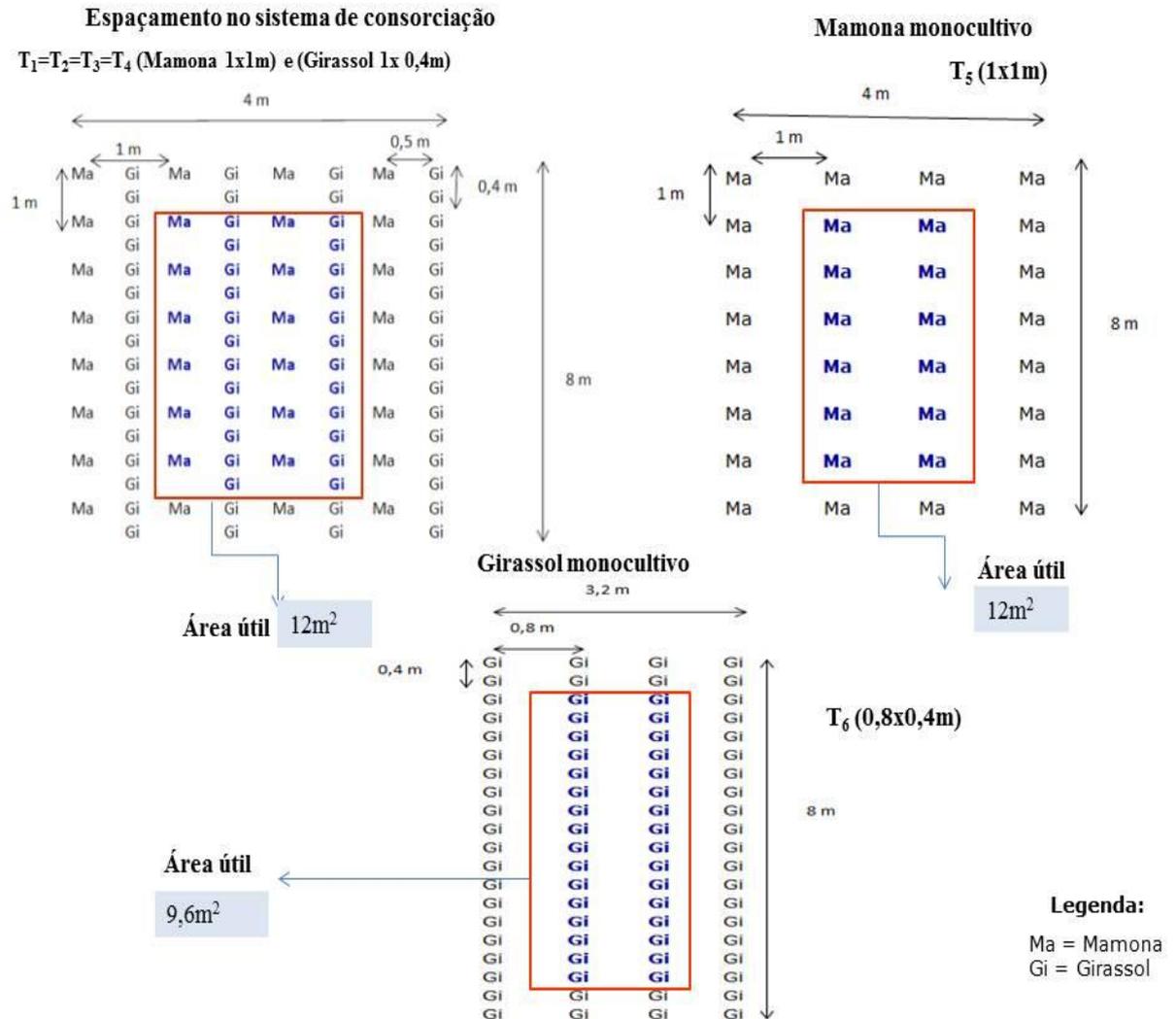


Figura 1- Representação esquemática dos tratamentos de consórcio mamona (Ma) e girassol (Gi) e monocultivos. Quixadá-Ceará, 2008, 2009 e 2010

## 2.4 Preparo do solo, plantio e adubação fundação, desbaste de plântulas, adubação de cobertura e colheita

O solo foi preparado 2 dias antes do plantio, através de gradagem cruzada. A mamona e girassol foram plantadas em covas com 3 a 5 cm de profundidade, com 5 sementes cova<sup>-1</sup>.

As datas do plantio, adubações, desbaste de plantas e colheita constam na Tabela 3. No ano de 2010 a adubação de cobertura não foi realizada em virtude da baixa umidade do solo na área experimental (Tabela 3).

Tabela 3 – Datas de plantio, adubação de fundação, desbaste de plantas, adubação de cobertura e colheita das culturas da mamoneira e girassol. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010

Culturas	Anos Agrícolas		
	2008	2009	2010
		<b>Plantio e adubação de fundação</b>	
Mamona e Girassol	13/03	04/03	07/04
Girassol (0 APMa*)	13/03	04/03	07/04
Girassol (7 APMa)	19/03	10/03	14/04
Girassol (14 APMa)	26/03	17/03	21/04
Girassol (21 APMa)	02/04	24/03	28/04
		<b>Desbaste de plântulas</b>	
Mamona	26/03	17/03	21/04
Girassol (0 APMa)	26/03	17/03	21/04
Girassol (7 APMa)	02/04	24/03	28/04
Girassol (14 APMa)	16/04	31/03	05/05
Girassol (21 APMa)	30/04	07/04	12/05
		<b>Adubação de cobertura</b>	
Mamona	16/04	07/04	-
Girassol (0 APMa)	16/04	07/04	-
Girassol (7 APMa)	23/04	14/04	-
Girassol (14 APMa)	30/04	21/04	-
Girassol (21 APMa)	07/05	28/04	-
		<b>Colheita</b>	
Mamona	30/07	20/07	26/08
Girassol (0 APMa)	02/07	23/06	28/07
Girassol (7 APMa)	09/07	30/06	04/08
Girassol (14 APMa)	16/07	07/07	11/08
Girassol (21 APMa)	23/07	14/07	18/08

\*Antecipação de plantio da mamona em relação ao girassol

O manejo das plantas daninhas ocorrentes na área experimental foi realizado por meio de três capinas manuais com enxadas.

## **2.5 Variáveis analisadas**

### **2.5.1 Cultura da mamona**

Para a mamona foram avaliadas: a) produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ); b) a participação relativa de ordem de racemos na produtividade total, obtida mediante divisão da produtividade de grãos da respectiva ordem de racemo pela produtividade total de grãos; c) altura da planta medida com auxílio de uma trena graduada em centímetros em 4 plantas da área útil em cada parcela, com escolha ao acaso; d) altura de inserção do racemo primário medida com auxílio de uma trena graduada em centímetros em 4 plantas da área útil em cada parcela escolhida ao acaso; e) número médio de racemos foi determinado mediante a divisão do número total de racemos colhidos em cada parcela pela quantidade plantas úteis; f) número de internódios até a inserção do racemo primário determinado através de contagem em 4 plantas da área útil em cada parcela; g) comprimento médio de internódios (cm) foi determinado mediante a divisão do número de internódios até a inserção do racemo primário pela altura de inserção do racemo primário e h) o comprimento efetivo de racemos (cm) foi determinado através da média de quatro racemos de cada parcela útil.

### **2.5.1 Cultura do girassol**

Para o girassol foram avaliados: a) produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ); b) altura da planta medida com auxílio de uma trena graduada em centímetros em 4 plantas da área útil em cada parcela, com escolha ao acaso, tomadas a partir do coleto da planta conforme a Figura 2 a ; c) altura de capítulo medida com auxílio de uma trena graduada em centímetros em 4 plantas da área útil em cada parcela escolhidos ao acaso, tomadas a partir do coleto da planta conforme a Figura 2 b e d) diâmetro do capítulo medido com auxílio de uma trena graduada em centímetros em 4 plantas da área útil em cada parcela escolhidos ao acaso, conforme a Figura 2 c.

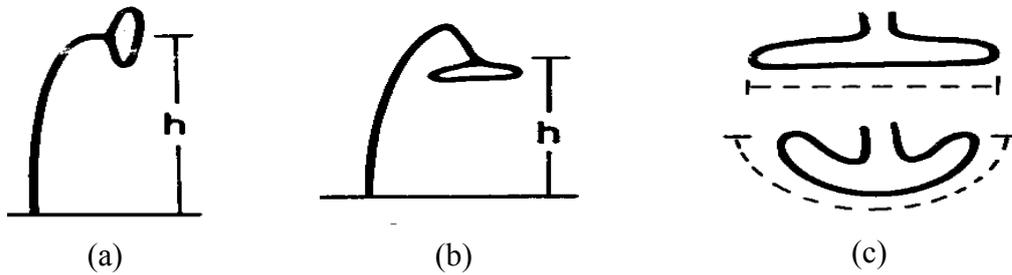


Figura 2. Ilustração de como foram tomadas as avaliações altura da planta (a), altura de capítulo (b) e diâmetro do capítulo (c) no girassol (CASTIGLIONI *et al.*, 1997).

## 2.6 Avaliação do consórcio

O sistema de consorciação foi avaliado pela eficiência biológica das plantas associadas através do Uso Eficiente de Terra (UET).

O Uso Eficiente de Terra (UET) foi obtido conforme a fórmula proposta (MEAD; WILLEY, 1980), expresso na equação 1.

$$UET = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} + \frac{Y_{ba}}{Y_{bb}} = UET_a + UET_b \quad (1)$$

Onde,  $Y_{ab}$  e  $Y_{ba}$  representam a produtividade das culturas 'a' e 'b' em consórcio,  $Y_{aa}$  e  $Y_{bb}$  é produtividade dos monocultivos. O  $UET_a$  e  $UET_b$  representam o uso eficiente de terra parcial da espécie 'a' e da espécie 'b'. Se  $UET > 1$ , então ocorre vantagem produtiva do consórcio, se  $UET = 1$  não ocorre vantagem produtiva, se  $UET < 1$ , então ocorre desvantagem produtiva em relação ao monocultivo.

## 2.7 Delineamento experimental e análises estatísticas

Nos anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010, no sistema de consorciação da mamona com girassol, adotou-se o delineamento estatístico de blocos ao acaso com 6 tratamentos e 4 repetições, perfazendo 24 unidades experimentais.

Para realização da análise de variância (ANAVA) na cultura da mamona usou-se um delineamento em blocos em acaso com 5 tratamentos e 4 repetições nos anos de 2008, 2009 e 2010. Usou-se a análise de grupos de experimentos ou análise conjunta (SANTOS *et al.*, 2008), para avaliar as variáveis produtividade de grãos, número de racemos, comprimento efetivo de racemos, altura de inserção dos racemos primários, comprimento de internódios, número de internódios nos anos de 2008, 2009 e 2010.

Para proceder a ANAVA na cultura do girassol usou-se um delineamento em blocos em acaso com 5 tratamentos e 4 repetições nos anos de 2008, 2009 e 2010. Usou-se a análise de grupos de experimentos (SANTOS *et al.*, 2008) para avaliar as variáveis produtividade de grãos, altura de planta, altura de capítulo, diâmetro de capítulo em 2008, 2009 e 2010.

Nas variáveis como o uso eficiente de terra parcial para mamona ( $UET_{Ma}$ ), uso eficiente de terra parcial para girassol ( $UET_{Gi}$ ), uso eficiente de terra ( $UET = UET_{Ma} + UET_{Gi}$ ) adotou-se um delineamento em blocos em acaso com 4 tratamentos e 4 repetições nos anos de 2008, 2009 e 2010, para proceder a análise de grupos de experimentos conforme Santos *et al.* (2008).

A condição necessária para se fazer a análise conjunta dos dados é que ocorra a relação 7:1, entre o maior quadrado médio pelo menor quadrado médio. Caso não ocorra relação 7:1, para a realização da análise conjunta faz-se necessário, ajustamento dos graus de liberdade da interação tratamento x ano e para o resíduo, conforme metodologia proposta por Cochran (1954).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 População observada e esperada das culturas da mamona e girassol

Os dados relativos a população de plantas observada e esperada das culturas da mamona e girassol consorciados e no monocultivo, constam na Tabela 4. De uma forma geral, constata-se que a maioria dos tratamentos consorciados e em monocultivo da mamona e girassol, apresentaram população observada de plantas, inferior esperada (Tabela 4).

Tabela 4 – População observada e esperada dos sistemas consorciados e monocultivos da mamona e girassol na Fazenda Lavoura Seca. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010

Tratamentos	Anos Agrícolas		
	2008	2009	2010
	<b>População observada de plantas de mamona (Plantas ha<sup>-1</sup>)</b>		
T <sub>1</sub> <sup>w</sup>	9.583,33	10.000,00	9.166,67
T <sub>2</sub>	9.166,67	10.000,00	10.000,00
T <sub>3</sub>	9.166,67	10.000,00	8.958,33
T <sub>4</sub>	9.375,00	10.000,00	10.000,00
T <sub>5</sub>	10.000,00	10.000,00	10.000,00
	<b>População observada de plantas do girassol (Plantas ha<sup>-1</sup>)</b>		
T <sub>1</sub>	23.541,67	23.125,00	23.541,67
T <sub>2</sub>	24.166,67	24.375,00	24.583,33
T <sub>3</sub>	24.583,33	24.791,67	23.750,00
T <sub>4</sub>	23.333,33	22.916,67	22.083,33
T <sub>5</sub>	30.468,75	29.687,50	28.906,25
	<b>População esperada de plantas (Plantas ha<sup>-1</sup>)</b>		
		Mamona	Girassol
T <sub>1</sub>		10.000,00	25.000,00
T <sub>2</sub>		10.000,00	25.000,00
T <sub>3</sub>		10.000,00	25.000,00
T <sub>4</sub>		10.000,00	25.000,00
T <sub>5</sub>		10.000,00	31.250,00

<sup>(w)</sup> T<sub>1</sub>: Ma+Gi (0 APMa), T<sub>2</sub>: Ma+Gi (7 APMa), T<sub>3</sub>: Ma+Gi (14 APMa), T<sub>4</sub>: Ma+Gi (21 APMa) e T<sub>5</sub>: monocultivo da mamona ou do girassol

### 3.2 Produtividade e componentes da produtividade da mamona

Observou-se ausência de efeito significativo na interação entre os fatores tratamento e ano agrícola de cultivo para a altura de planta (AP), altura de inserção do racemo primário (AIRP), comprimento de internódio (CINT) e número de internódio (NIP) (Tabela 5), indicando independência dos fatores estudados. O contraste  $\hat{Y}_1$ , indica que o monocultivo da mamona não diferiu em relação aos sistemas de consorciação no plantio simultâneo da mamona e girassol (0 APMa), antecipação no plantio da mamona em relação ao girassol em sete dias (7 APMa), 14 APMa e 21 APMa, quando isolou-se o fator tratamento para AP, AIRP, CINT e NIP (Tabela 5). Os tratamentos consorciados não apresentaram diferença no contraste  $\hat{Y}_2$  para as variáveis AP, AIRP, CINT e NIP, revelando competição de mesma intensidade para mamona e girassol pelos recursos do ambiente, a água, nutrientes e luz (Tabela 5).

Tabela 5 – Valor de F calculado da altura de planta (AP), altura de inserção do racemo primário (AIRP), comprimento de internódios na haste principal (CINT) e número de internódios na haste principal (NIP) da mamona. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010

Fonte de Variação	GL	F calculado			
		AP	AIRP	CINT	NIP <sup>a</sup>
Tratamento	4	2,284 <sup>ns</sup>	1,784 <sup>ns</sup>	2,924*	0,761 <sup>ns</sup>
(T <sub>5</sub> ) vs (T <sub>1</sub> + T <sub>2</sub> + T <sub>3</sub> + T <sub>4</sub> )	1	0,856 <sup>ns</sup>	0,848 <sup>ns</sup>	0,186 <sup>ns</sup>	0,628 <sup>ns</sup>
(T <sub>1</sub> + T <sub>2</sub> ) vs (T <sub>3</sub> + T <sub>4</sub> )	1	5,098 <sup>ns</sup>	0,585 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,785 <sup>ns</sup>
T <sub>1</sub> vs T <sub>2</sub>	1	3,171 <sup>ns</sup>	3,572 <sup>ns</sup>	7,778*	1,570 <sup>ns</sup>
T <sub>3</sub> vs T <sub>4</sub>	1	0,012 <sup>ns</sup>	2,130 <sup>ns</sup>	3,729 <sup>ns</sup>	0,063 <sup>ns</sup>
Ano Agrícola	2	223,955**	120,653**	36,525**	4,429 <sup>ns</sup>
(2008) vs (2009 + 2010)	1	10,7326**	4,82 <sup>ns</sup>	0,1010 <sup>ns</sup>	4,899 <sup>ns</sup>
2009 vs 2010	1	5,320**	162,36**	72,919**	3,958 <sup>ns</sup>
Tratamento x Ano	8	1,052 <sup>ns</sup>	1,443 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>
Bloco d. Ano	9	2,664*	3,218**	3,08**	0,98 <sup>ns</sup>
Erro	36	-	-	-	-
Total	59	-	-	-	-
CV (%)	-	12,06	11,79	16,50	13,88

\* significativo em nível de 5%, \*\* significativo em nível de 1% e não significativo (<sup>ns</sup>)

(<sup>a</sup>) Graus de liberdade ajustado de 8 para 4 e os Graus de liberdade do resíduo ajustado de 36 para 20

Azevedo *et al.* (2007 a) e Kumar *et al.* (2010) trabalhando com agroecossistema da mamona consorciada em condições de sequeiro, não reportaram alterações significativas na altura de planta, em função da competição intraespecífica no monocultivo e interespecífica

nos consórcios. Azevedo *et al.* (2007 a) relataram que esse tipo de resposta, sugere equivalência de competição intra e interespecífica dos sistemas consorciados.

Com relação ao agrícola de cultivo, constatou-se alterações significativas nas variáveis AP, AIRP e CINT, resultado contrário foi constatado para o NIP (Tabela 5). Confrontando o ano de 2009 ao de 2010 ( $\hat{Y}_2$ ), verifica-se que o AP, AIRP e CINT, apresentaram diferenças estatísticas, o que pode ser atribuída a baixa precipitação pluvial ocorrida no último ano de condução do experimento. Já o NIP não revelou modificações, em função das diferentes precipitações pluviais ocorridas em 2009 e 2010 (Tabela 2 e 5).

Considerando-se os resultados obtidos, constatou-se que ocorreu interação significativa ao nível de 5% de probabilidade no F calculado entre os fatores ano agrícola de cultivo e tratamento no comprimento efetivo de racemo (CR), número de racemo por planta (NRP), produtividade de grãos (PG), revelando dependência dos fatores estudados (Tabela 6). Não foi constatado efeito significativo no constraste  $\hat{Y}_1$ , sugerindo que o monocultivo da mamona teve igualdade de comportamento em relação aos tratamentos consorciados com girassol, quando separou-se o fator tratamento para NRP, contrariamente foi observado no CR e PG (Tabela 6).

Tabela 6 – Valor de F calculado para o comprimento efetivo de racemo (CR), número de racemos por planta (NRP) e produtividade de grãos (PG) da mamona. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010

Fonte de Variação	GL	F calculado		
		CR	NRP	PG <sup>a</sup>
Tratamento	4	3,349 <sup>ns</sup>	3,918 <sup>*</sup>	3,445 <sup>ns</sup>
(T <sub>5</sub> ) vs (T <sub>1</sub> + T <sub>2</sub> + T <sub>3</sub> + T <sub>4</sub> )	1	8,597 <sup>*</sup>	4,620 <sup>ns</sup>	6,695 <sup>*</sup>
(T <sub>1</sub> + T <sub>2</sub> ) vs (T <sub>3</sub> + T <sub>4</sub> )	1	3,587 <sup>ns</sup>	8,077 <sup>*</sup>	4,410 <sup>ns</sup>
T <sub>1</sub> vs T <sub>2</sub>	1	0,202 <sup>ns</sup>	1,631 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>
T <sub>3</sub> vs T <sub>4</sub>	1	1,012 <sup>ns</sup>	1,344 <sup>ns</sup>	2,674 <sup>ns</sup>
Ano Agrícola	2	100,993 <sup>**</sup>	178,9339 <sup>**</sup>	28,222 <sup>**</sup>
(2008) vs (2009 + 2010)	1	2,366 <sup>ns</sup>	2,1493 <sup>ns</sup>	0,0410 <sup>ns</sup>
2009 vs 2010	1	56,708 <sup>**</sup>	85,2188 <sup>**</sup>	56,4034 <sup>**</sup>
Tratamento x Ano	8	3,419 <sup>**</sup>	4,096 <sup>**</sup>	4,788 <sup>*</sup>
Bloco d. Ano	9	0,358 <sup>ns</sup>	2,080 <sup>ns</sup>	0,906 <sup>ns</sup>
Erro	36	-	-	-
Total	59	-	-	-
CV (%)	-	7,75	18,17	17,48

\* significativo em nível de 5%, \*\* significativo em nível de 1% e não significativo (<sup>ns</sup>)

(<sup>a</sup>) Graus de liberdade ajustado de 8 para 6 e os Graus de liberdade do resíduo ajustado de 36 para 23

As variáveis CR, NRP e PG apresentaram alterações significativas no fator de ano agrícola de cultivo (Tabela 6), o que pode ser atribuído a influências da precipitação pluvial diferenciada de 2008, 2009 e 2010. Como também na partição dos graus de liberdade para

formação do contraste  $\hat{Y}_2$  para ano agrícola de cultivo, revelando que as variações climáticas diferenciadas, proporcionam alterações no CR, NRP e PG (Tabela 6).

O desdobramento da interação entre tratamentos x ano agrícola de cultivo para comprimento efetivo de racemo (CR), número de racemos por planta (NRP) e produtividade de grãos (PG), podem ser observados na Tabela 7. O CR, NRP e PG apresentaram respostas significativas em ano dentro tratamento para ano/tratamento<sub>1</sub>; ano/tratamento<sub>2</sub>; ano/tratamento<sub>3</sub>; ano/tratamento<sub>4</sub> e ano/tratamento<sub>5</sub> (Tabela 7). Com relação ao desdobramento de tratamento dentro ano verificou-se significância estatística em nível de 5% de probabilidade em tratamento/ano<sub>1</sub> no CR, NRP e PG, por fim tratamento/ano<sub>3</sub> teve reposta estatística somente para PG (Tabela 7).

A partição dos graus de liberdade para estudar os efeitos de ano dentro de tratamento, verifica-se que o contraste  $\hat{Y}_2$ , foi significativo em todos os tratamentos analisados para CR, NRP e PG, sugerindo que as mudanças foram proporcionadas em decorrência das condições climáticas (Tabela 7). Já quando, avalia-se os efeitos de tratamento dentro ano<sub>1</sub> e tratamento dentro ano<sub>3</sub> para o CR, observa-se resposta significativa no contrastes  $\hat{Y}_1$ , infere-se, portanto, que o monocultivo da mamona foi superior aos sistemas de consorciação. Enquanto para tratamento dentro ano<sub>2</sub> o contraste  $\hat{Y}_1$  não demonstrou alterações estatísticas no constraste  $\hat{Y}_1$ . Corrêa (2005) estudando mamona consorciada com amendoim sob condições de sequeiro, verificou redução no comprimento de racemo em relação ao monocultivo. Kumar *et al.* (2010) estudando a mamona consorciada com amendoim, grão de bico, “ guar ou clusterbean” (*Cyamopsis tetragonoloba*) e “finger millet” (capim-pé-de-galinha), reportaram valores semelhantes para comprimento de racemo primário do consórcio em relação ao monocultivo.

O resultado da análise de variância do desdobramento de ano dentro tratamento para número de racemos por planta (NRP), revelou significância estatística no constraste  $\hat{Y}_2$  em todos os tratamentos estudados (Tabela 7). No que se refere, ao efeito de tratamento dentro de ano foi constatada resposta significativa do tratamento/ano<sub>1</sub> no constraste  $\hat{Y}_1$ , indicando a ocorrência de competição intraespecífica no monocultivo e interaespecífica nos sistemas consorciados, resposta contrária foi observada no mencionado constraste para tratamento/ano<sub>2</sub> e tratamento/ano<sub>3</sub> (Tabela 7). Azevedo *et al.* (2007 a) e Kumar *et al.* (2010) avaliando mamona em sistemas consorciados, não constataram mudanças no número de racemos em relação ao monocultivo.

Tabela 7 – Valor de F calculado do desdobramento da interação de ano dentro tratamento e tratamento dentro ano para comprimento efetivo de racemo (CR), número de racemos por planta (NRP) e produtividade de grãos (PG) da mamona. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010

Fonte de Variação	GL	CR	NRP	PG
		F calculado		
Ano/Tratamento <sub>1</sub> (0 APMa)	2	17,38 **	8,75 **	22,52 **
(A <sub>1</sub> <sup>z</sup> /T <sub>1</sub> <sup>w</sup> ) vs (A <sub>2</sub> /T <sub>1</sub> + A <sub>3</sub> /T <sub>1</sub> )	1	0,11 ns	0,53 ns	1,44 ns
(A <sub>2</sub> /T <sub>1</sub> ) vs (A <sub>3</sub> /Trat <sub>1</sub> )	1	34,65 **	16,97 **	43,60 **
Ano/ Tratamento <sub>2</sub> (7 APMa)	2	19,74 **	50,61 **	36,60 **
(A <sub>1</sub> /T <sub>2</sub> ) vs (A <sub>2</sub> /T <sub>2</sub> + A <sub>3</sub> /T <sub>2</sub> )	1	1,67 ns	9,16 **	2,47 ns
(A <sub>2</sub> /T <sub>2</sub> ) vs (A <sub>3</sub> /T <sub>2</sub> )	1	37,80 **	92,06 **	70,72 **
Ano/ Tratamento <sub>3</sub> (14 APMa)	2	18,16 **	50,05 **	43,38 **
(A <sub>1</sub> /T <sub>3</sub> ) vs (A <sub>2</sub> /T <sub>3</sub> + A <sub>3</sub> /T <sub>3</sub> )	1	1,31 ns	7,52 **	3,84 ns
(A <sub>2</sub> /T <sub>3</sub> ) vs (A <sub>3</sub> /T <sub>3</sub> )	1	35,02 **	92,59 **	82,91 **
Ano/Tratamento <sub>4</sub> (21 APMa)	2	34,42 **	46,88 **	38,39 **
(A <sub>1</sub> /T <sub>4</sub> ) vs (A <sub>2</sub> /T <sub>4</sub> + A <sub>3</sub> /T <sub>4</sub> )	1	3,87 ns	0,32 ns	3,23 ns
(A <sub>2</sub> /T <sub>4</sub> ) vs (A <sub>3</sub> /T <sub>4</sub> )	1	64,98 **	93,43 **	73,55 **
Ano/Trat <sub>5</sub> (Monocultivo da mamona)	2	24,97 **	39,02 **	11,64 ns
(A <sub>1</sub> /T <sub>5</sub> ) vs (A <sub>2</sub> /T <sub>5</sub> + A <sub>3</sub> /T <sub>5</sub> )	1	23,68 **	1,06 ns	3,73 ns
(A <sub>2</sub> /T <sub>5</sub> ) vs (A <sub>3</sub> /T <sub>5</sub> )	1	26,26 **	76,99 **	19,56 **

Fonte de variação	GL	CR	NRP	PG
		F calculado		
Tratamento/Ano <sub>1</sub> (2008)	4	14,79 **	5,87 **	14,93 **
(T <sub>5</sub> /A <sub>1</sub> ) vs (T <sub>4</sub> /A <sub>1</sub> + T <sub>3</sub> /A <sub>1</sub> + T <sub>2</sub> /A <sub>1</sub> + T <sub>1</sub> /A <sub>1</sub> )	1	41,11 **	7,74 *	27,53 **
(T <sub>4</sub> /A <sub>1</sub> + T <sub>3</sub> /A <sub>1</sub> ) vs (T <sub>2</sub> /A <sub>1</sub> + T <sub>1</sub> /A <sub>1</sub> )	1	6,52 *	8,45 **	14,02 **
(T <sub>4</sub> /A <sub>1</sub> ) vs (T <sub>3</sub> /A <sub>1</sub> )	1	0,01 ns	0,46 ns	0,06 ns
(T <sub>1</sub> /A <sub>1</sub> ) vs (T <sub>2</sub> /A <sub>1</sub> )	1	2,40 ns	6,81 *	18,12 **
Tratamento/Ano <sub>2</sub> (2009)	4	1,96 ns	16,59 **	2,76 ns
(T <sub>5</sub> /A <sub>2</sub> ) vs (T <sub>4</sub> /A <sub>2</sub> + T <sub>3</sub> /A <sub>2</sub> + T <sub>2</sub> /A <sub>2</sub> + T <sub>1</sub> /A <sub>2</sub> )	1	0,38 ns	7,33 *	0,002 ns
(T <sub>4</sub> /A <sub>2</sub> + T <sub>3</sub> /A <sub>2</sub> ) vs (T <sub>2</sub> /A <sub>2</sub> + T <sub>1</sub> /A <sub>2</sub> )	1	3,04 ns	30,23 **	9,55 *
(T <sub>4</sub> /A <sub>2</sub> ) vs (T <sub>3</sub> /A <sub>2</sub> )	1	0,79 ns	28,24 **	0,95 ns
(T <sub>1</sub> /A <sub>2</sub> ) vs (T <sub>2</sub> /A <sub>2</sub> )	1	3,64 ns	0,56 ns	0,54 ns
Tratamento/Ano <sub>3</sub> (2010)	4	1,54 ns	1,78 ns	6,46 *
(T <sub>5</sub> /A <sub>3</sub> ) vs (T <sub>4</sub> /A <sub>3</sub> + T <sub>3</sub> /A <sub>3</sub> + T <sub>2</sub> /A <sub>3</sub> + T <sub>1</sub> /A <sub>3</sub> )	1	5,58 *	4,18 *	22,10 *
(T <sub>4</sub> /A <sub>3</sub> + T <sub>3</sub> /A <sub>3</sub> ) vs (T <sub>2</sub> /A <sub>3</sub> + T <sub>1</sub> /A <sub>3</sub> )	1	0,14 ns	2,42 ns	1,45 ns
(T <sub>4</sub> /A <sub>3</sub> ) vs (T <sub>3</sub> /A <sub>3</sub> )	1	0,39 ns	0,03 ns	0,69 ns
(T <sub>1</sub> /A <sub>3</sub> ) vs (T <sub>2</sub> /A <sub>3</sub> )	1	0,06 ns	0,50 ns	1,60 ns

\* significativo em nível de 5%, \*\* significativo em nível de 1% e não significativo (ns)

<sup>(w)</sup> T<sub>1</sub>: Ma+Gi (0 APMa), T<sub>2</sub>: Ma+Gi (7 APMa), T<sub>3</sub>: Ma+Gi (14 APMa), T<sub>4</sub>: Ma+Gi (21 APMa) e T<sub>5</sub>: monocultivo da mamona

<sup>(z)</sup> A<sub>1</sub>: Ano de 2008; A<sub>2</sub>: Ano de 2009 e A<sub>3</sub>: Ano agrícola de 2010

Pela análise estatística averigua-se que a produtividade de grãos (PG) da mamona, teve significância para o fator ano dentro tratamento em ano/T<sub>1</sub>, ano/T<sub>2</sub>, ano/T<sub>3</sub>, ano/T<sub>4</sub> e ano/T<sub>5</sub> no contraste  $\hat{Y}_2$  (Tabela 7). Com relação ao desdobramento de tratamento dentro de ano, verificou-se significância estatística para tratamento/ano<sub>1</sub> e tratamento/ano<sub>3</sub> no contraste  $\hat{Y}_1$ . Desta forma, pode-se inferir que a produtividade do monocultivo é superior aos plantios nos sistemas consorciados, caracterizando os efeitos da competição de natureza interespecífica pelos recursos de produção, a luz, água e nutrientes. Já em 2009, que refere-se ao tratamento/ano<sub>2</sub> o monocultivo ( $\hat{Y}_1$ ) não diferiu dos sistemas consorciados (Tabela 7). A

precipitação pluvial mínima de 600 mm, faz-se necessária para a mamona expressar o seu potencial produtivo (TÁVORA, 1982). Foram constatadas reduções na produtividade de grãos da mamona consorciada em comparação ao monocultivo (Tabela 7), estando em concordância aos resultados reportados por Távora *et al.* (1988), Corrêa *et al.* (2006), Azevedo *et al.* (2007 a, b), Thanunathan *et al.* (2008), Beltrão *et al.* (2010 a, b) e Kumar *et al.* (2010).

Reduções na produtividade de grãos da mamoneira com épocas relativas de plantios nos sistemas consorciados foram reportadas em agroecossistemas, mamona + gergelim (BELTRÃO *et al.*, 2010 a) e mamona + amendoim (BELTRÃO *et al.*, 2010 b). Esses autores aconselharam que o plantio das espécies consorciadas (gergelim e amendoim) deve ocorrer aos 15 e 20 dias depois da mamona.

A produtividade da mamoneira no sistema de consorciação e monocultivo, foi composta do somatório da participação de racemos de ordem primária, secundária e terciária (Figura 3).

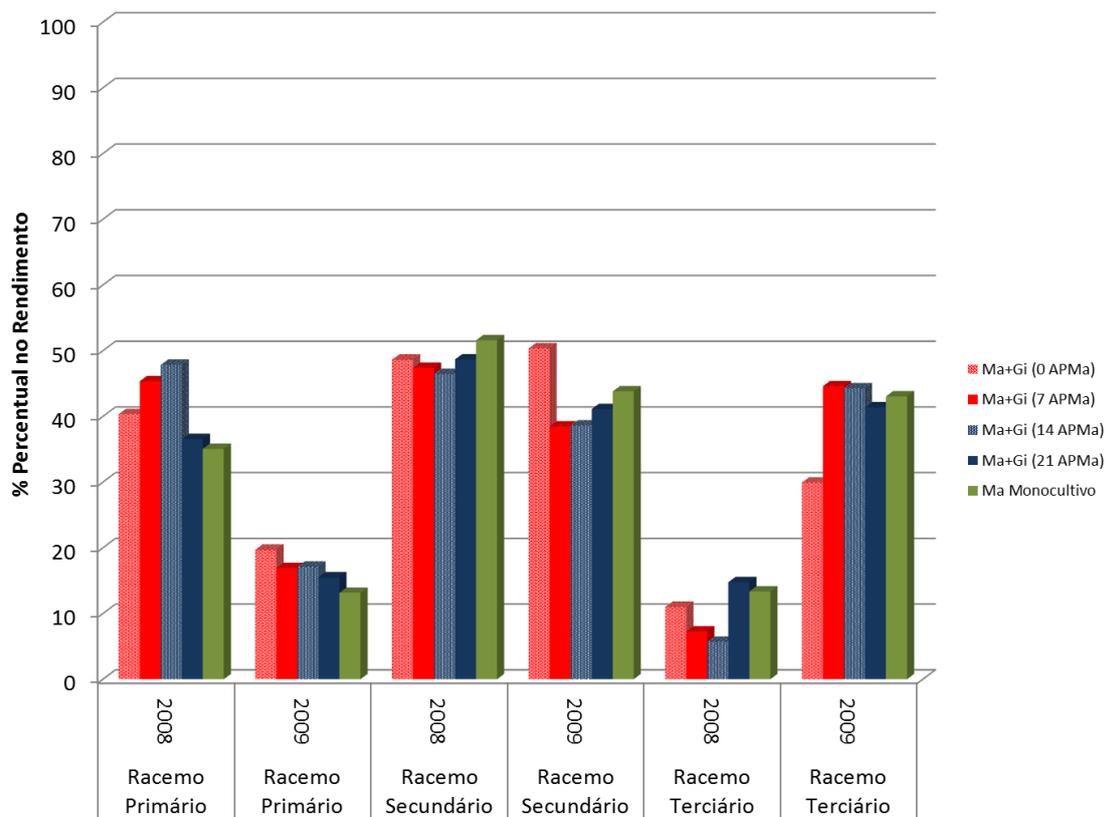


Figura 3. Participação dos racemos primários, secundários, terciários na produtividade de grãos da mamona no sistema de consorciação e monocultivo. Quixadá – CE. 2008 e 2009

Em 2008, os racemos de ordem primária e secundária apresentaram participação superiores a 30% na produtividade da cultura, enquanto os terciários valores inferiores a 20%. Apenas com a antecipação no plantio de 21 dias da mamona em relação ao girassol, é que se observa uma tomada de crescimento da participação dos racemos terciários na produtividade de grãos da mamoneira. Isso pode, ter ocorrido em função da redução da competição do girassol em relação a mamona (Figura 3). Resultados similares foram reportados por Távora *et al.* (1988) e Corrêa *et al.* (2006), estudando mamona nos sistemas consorciados e no monocultivo, em condições de sequeiro na variável participação das ordens de racemos na produtividade de grãos.

No ano agrícola de 2009, a participação dos racemos secundários e terciários revelaram participação na produtividade de grãos com médias superiores a 30%, ao passo que os racemos primários contribuíram valores inferiores a 20%. Vale ressaltar que as condições climáticas mais favoráveis no ano de 2009 em relação a 2008, promoveram a maior formação de racemos terciários, contribuindo assim para incrementos na participação desses dos racemos em detrimento aos racemos primários (Figura 3).

### **3.2 Produtividade e componentes da produtividade do girassol**

Isolando-se o fator tratamento, observa-se por meio do resumo da análise de variância (ANAVA) para produtividade de grãos (PG) e altura de capítulo (AC) do girassol, revelaram efeitos significativos ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 8). Ao passo que o fator ano agrícola de cultivo, proporcionou respostas significativas, para produtividade de grãos (PG), altura de planta (AP), altura de capítulo (AC), diâmetro de capítulo (DC), indicando que as condições climáticas afetaram o crescimento e desenvolvimento das plantas de girassol (Tabela 8). Foi constatada interação entre os fatores tratamento e ano agrícola de cultivo, apenas na altura de planta do girassol, indicando um possível efeito da dependência entre os fatores envolvidos na interação (Tabela 8).

Para as variáveis AP, AC e DC não foi constatada significância estatística no monocultivo ( $\hat{Y}_1$ ) em comparação aos sistemas consorciados. Já a produtividade de grãos do girassol no monocultivo ( $\hat{Y}_1$ ) em comparação aos sistemas consorciados, revelou-se superior estatisticamente, sugerindo que ocorreu efeitos da competição interespecífica (Tabela 8).

Tabela 8 – Valor de F calculado para a altura de planta (AP), altura de capítulo (AC) e diâmetro do capítulo (DC) e produtividade de grãos (PG) do girassol. Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010

Fonte de Variação	GL	AP	AC	DC	PG <sup>a</sup>
		F calculado			
Tratamento	4	0,431 <sup>ns</sup>	4,345 <sup>*</sup>	2,549 <sup>ns</sup>	70,715 <sup>**</sup>
(T <sub>5</sub> ) vs (T <sub>1</sub> + T <sub>2</sub> + T <sub>3</sub> + T <sub>4</sub> )	1	0,754 <sup>ns</sup>	2,155 <sup>ns</sup>	0,826 <sup>ns</sup>	201,238 <sup>**</sup>
(T <sub>1</sub> + T <sub>2</sub> ) vs (T <sub>3</sub> + T <sub>4</sub> )	1	0,0001 <sup>ns</sup>	5,406 <sup>*</sup>	7,180 <sup>*</sup>	57,088 <sup>**</sup>
T <sub>1</sub> vs T <sub>2</sub>	1	0,424 <sup>ns</sup>	9,699 <sup>*</sup>	0,234 <sup>ns</sup>	5,367 <sup>*</sup>
T <sub>3</sub> vs T <sub>4</sub>	1	0,545 <sup>ns</sup>	0,120 <sup>ns</sup>	1,955 <sup>ns</sup>	19,168 <sup>**</sup>
Ano Agrícola	2	82,689 <sup>**</sup>	15,270 <sup>**</sup>	71,704 <sup>*</sup>	281,246 <sup>**</sup>
(2008) vs (2009 + 2010)	1	4,4675 <sup>ns</sup>	0,0070 <sup>ns</sup>	149,239 <sup>*</sup>	562,126 <sup>**</sup>
2009 vs 2010	1	29,8489 <sup>**</sup>	17,389 <sup>**</sup>	3,048 <sup>*</sup>	0,365 <sup>ns</sup>
Tratamento x Ano	8	4,819 <sup>**</sup>	1,756 <sup>ns</sup>	0,942 <sup>ns</sup>	0,449 <sup>ns</sup>
Bloco d. Ano	9	1,517 <sup>ns</sup>	1,611 <sup>ns</sup>	1,936 <sup>ns</sup>	0,746 <sup>ns</sup>
Erro	36	-	-	-	-
Total	59	-	-	-	-
CV (%)	-	9,10	13,30	21,08	28,18

\* significativo ao nível de 5%, \*\* significativo ao nível de 1% e não significativo (<sup>ns</sup>)

(<sup>a</sup>) Graus de liberdade ajustado de 8 para 7 e os Graus de liberdade do resíduo ajustado de 36 para 32.

Saleem, Farooq e Ahmed (2003) reportaram ausência de modificações na altura do girassol consorciado e no monocultivo. Ao passo que Bayu *et al.* (2007) verificaram alterações na altura de planta do girassol.

Com relação ao diâmetro do capítulo de girassol, resultados diferenciados foram observados em agroecossistema de consorciação estudados por Rosales e Mora (2009) na área do capítulo, Saleem, Farooq e Ahmed (2003) e Olowe e Adeyemo (2009) no diâmetro do capítulo.

Reduções na produtividade de grãos do girassol em sistemas consorciados em relação ao monocultivo, foram detectadas por Lopez *et al.* (2001), Saleem, Farooq e Ahmed (2003), Bayu *et al.* (2007), Rosales, Estrada e Sandoval (2008), Rosales e Mora (2009) e Shanthy, Chinnamuthu, Ramesh (2009).

### 3.3 Uso eficiente de terra (UET)

Constatou-se que não houve interação significativa entre os fatores tratamento e ano agrícola de cultivo para uso eficiente de terra parcial para mamona (UET<sub>Ma</sub>), uso eficiente de terra parcial para girassol (UET<sub>Gi</sub>) e uso eficiente de terra (UET), revelando independência dos fatores estudados (Tabela 9). Mediante interpretação do resumo da análise de variância,

constata-se que o primeiro contraste para UET<sub>Ma</sub> foi significativo a 1% de probabilidade, enquanto no ano agrícola ocorreu alterações no segundo contraste no referido nível de significância (Tabela 9). No UET<sub>Gi</sub> foram verificadas respostas significativas no tratamento e ano agrícola como também para o primeiro contraste destes efeitos (Tabela 9). Com relação ao UET não foram constatadas alterações significativas no fator tratamento, como também na sua partição dos graus de liberdade, enquanto que no ano agrícola foram verificadas mudanças significativas neste fator e na partição para o segundo contraste (Tabela 9).

Tabela 9 – Valor de F calculado para o uso eficiente de terra parcial para mamona (UET<sub>Ma</sub>), uso eficiente de terra parcial para girassol (UET<sub>Gi</sub>) e uso eficiente de terra (UET). Quixadá – Ceará. 2008, 2009 e 2010

Fonte de Variação	GL	F calculado		
		UET <sub>Ma</sub>	UET <sub>Gi</sub>	UET
Tratamento	3	7,164 *	13,067 **	0,459 <sup>ns</sup>
(T <sub>4</sub> ) vs (T <sub>1</sub> + T <sub>2</sub> + T <sub>3</sub> )	1	20,184 **	27,323 **	0,383 <sup>ns</sup>
(T <sub>1</sub> + T <sub>2</sub> ) vs (T <sub>3</sub> + T <sub>4</sub> )	1	1,230 <sup>ns</sup>	9,270 *	0,586 <sup>ns</sup>
T <sub>1</sub> vs T <sub>2</sub>	1	0,078 <sup>ns</sup>	2,608 <sup>ns</sup>	0,406 <sup>ns</sup>
Ano Agrícola	2	30,089 **	14,884 **	12,493 **
(2008) vs (2009 + 2010)	1	2,842 <sup>ns</sup>	21,922 *	1,421 <sup>ns</sup>
2009 vs 2010	1	45,300 **	1,891 <sup>ns</sup>	18,567 *
Tratamento x Ano	6	1,775 <sup>ns</sup>	0,682 <sup>ns</sup>	2,028 <sup>ns</sup>
Bloco d. Ano	9	1,301 <sup>ns</sup>	0,242 <sup>ns</sup>	0,753 <sup>ns</sup>
Erro	18	-	-	-
Total	47	-	-	-
CV (%)	-	3,00	5,17	2,70

\* significativo ao nível de 5%, \*\* significativo ao nível de 1% e não significativo (<sup>ns</sup>)

Analisando-se os valores médios de UET, em 2008 o sistema de consorciação que apresentou maior eficiência biológica, ocorreu quando ocorreu antecipação no plantio da mamona em relação ao girassol de 21 APMa, além disso, a mamoneira mostrou-se como cultura dominante em relação ao girassol, por ter apresentado maior valor parcial no UET (Tabela 10). A mamona foi cultura dominante em comparação ao girassol em todos os sistemas de consorciação, ocorreu eficiência biológica na utilização dos recursos do ambiente, sendo caracterizado por valores superiores a unidade em 2009. Em 2010 que ocorreu antecipação no plantio da mamona em relação ao girassol de 0 APMa e 7 APMa foram mais eficientes do que o plantio em monocultivo da mamoneira (Tabela 10). De uma forma geral a mamona foi classificada como cultura dominante sobre o girassol, na utilização dos fatores de produção, água, nutrientes e luz, quando analisa-se os dados médios de UET parciais (Tabela 10). Os valores totais de UET referentes aos anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010,

apresentaram variação de 0,88 a 1,56, expressando ganhos de 56% e perdas de 12% no consórcio quando confrontados ao monocultivos (Tabela 10).

De uma maneira geral, verificou-se que os sistemas de consorciação da mamona com girassol, foram vantajosos em relação aos seus monocultivos, com exceção dos tratamentos T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub> no ano 2010 (Tabela 10). Estes resultados corroboram com os reportados em agroecossistemas da mamona + gergelim (BELTRÃO *et al.*, 2010 a), mamona + amendoim (BELTRÃO *et al.*, 2010 b), mamona + amendoim, mamona + grão de bico, mamona + “ guar ou clusterbean” (*Cyamopsis tetragonoloba*) e mamona + “fingermillet” (capim-pé-de-galinha) (KUMAR *et al.*, 2010), mamona consorciado com feijão mungo, feijão mungo-verde, caupi, soja e gergelim (THANUNATHAN *et al.*, 2008), mamona + milho (AZEVEDO *et al.*, 2007 a), mamona + sorgo e mamona +caupi (CORRÊA *et al.*, 2006) e mamona culturas anuais de ciclo curto (TÁVORA *et al.*, 1988), sorgo + mamona (TARHALKAR; RAO, 1979) para o uso eficiente de terra com valores superiores a unidade, expressando ganhos biológicos do consórcio em relação ao monocultivo.

Tabela 10 – Médias dos tratamentos para uso eficiente de terra parcial para mamona (UET<sub>Ma</sub>), uso eficiente de terra parcial para girassol (UET<sub>Gi</sub>) e uso eficiente de terra (UET). Quixadá – Ceará, 2008, 2009 e 2010

Tratamentos	2008			2009		
	UET <sub>Ma</sub>	UET <sub>Gi</sub>	UET	UET <sub>Ma</sub>	UET <sub>Gi</sub>	UET
T <sub>1</sub> <sup>a</sup>	0,52	0,67	1,20	0,88	0,51	1,39
T <sub>2</sub>	0,50	0,79	1,29	0,95	0,58	1,53
T <sub>3</sub>	0,56	0,70	1,26	1,07	0,34	1,41
T <sub>4</sub>	1,00	0,56	1,56	1,18	0,27	1,45
Tratamentos	2010					
	UET <sub>Ma</sub>	UET <sub>Gi</sub>	UET			
T <sub>1</sub>	0,50	0,61	1,11			
T <sub>2</sub>	0,38	0,70	1,08			
T <sub>3</sub>	0,47	0,45	0,92			
T <sub>4</sub>	0,65	0,24	0,88			

<sup>(a)</sup> T<sub>1</sub>: Ma+Gi (0 APMa), T<sub>2</sub>: Ma+Gi (7 APMa), T<sub>3</sub>: Ma+Gi (14 APMa), T<sub>4</sub>: Ma+Gi (21 APMa)

Fazendo-se uma comparação dos UET's entre os diferentes anos agrícolas avaliados, percebe-se que os menores valores ocorreram em 2010, o que pode ser atribuído precipitação pluvial errática ocorrida nesse ano, sendo abaixo da média da região (Quixadá-Ceará) como também menor que a demanda hídrica da mamona e do girassol. Vale destacar que, a precipitação pluvial mínima requerida para as culturas da mamona é 600 mm (TÁVORA, 1982) e girassol é de 400 mm (WINCH, 2006) para expressarem os seus potenciais produtivos. Respostas divergentes foram constatadas nos sistemas de cultivo consorciado

entre milho x feijão caupi, mediante emprego UET para avaliar a associação entre essas espécies, que expressou incrementos em condições de limitação hídrica (TÁVORA; LOPES, 1990). Natarajan e Willey (1986) relataram que o incremento do uso eficiente de terra nas condições de deficiência hídrica, depende da intensidade do estresse imposto, como também da configuração de plantio adotado no sistema de consorciação.

## CONCLUSÕES

A mamona e o girassol apresentaram redução na produtividade de grãos dos sistemas consorciados em relação aos monocultivos.

Nos sistemas de consórcio com antecipação de plantio os maiores rendimento foram obtidos, quando o plantio da mamona foi antecipado em relação ao girassol de 14 e 21 dias.

Precipitações pluviais inferiores a demanda hídrica das culturas da mamona e girassol na estação de crescimento, revelaram redução no uso eficiente de terra (UET).

A mamona foi classificada como cultura dominante sobre o girassol na utilização dos recursos do ambiente.

O girassol não manifestou variações na altura de planta e diâmetro do capítulo nos tratamentos consorciados em relação ao monocultivo.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. C. DE; BELTRÃO, N. E. DE, M.; BRUNO, G. B.; MORAES, M. DOS, S. Cultivares, épocas de plantio e componentes da produção no consórcio de algodão e amendoim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.357–363, 2006.
- AULD, D. L.; ZANOTTO, M. D.; MCKEON, T.; MORRIS, J. B. Castor. In: **Handbook of Plant Breeding, Volume 4, Oil Crops**, Springer, 548 p, 2009.
- AZEVEDO, D. M. P. DE; BELTRÃO, N. E. DE, M.; SEVERINO, L. S.; SANTOS, J. W. DOS; LEÃO, A. B. Arranjos de fileiras no consórcio mamoneira com milho no semi-árido PARAIBANO. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.11, n.2, p.91-105, 2007 a.
- AZEVEDO, D. M. P. DE; BELTRÃO, N. E. DE, M.; SEVERINO, L. S.; SANTOS, J. W. DOS; LEÃO, A. B. Rendimento e eficiência agrônômica do consórcio da mamoneira com cereais e feijão caupi no semi-árido NORDESTINO. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.11, n.3, p.145-162, 2007 b.
- BELTRÃO, N. E. de M, ARAÚJO, A. E de. **Zoneamento Agrícola**. Campina Grande: Embrapa – CNPA, 2004, 23p. (Embrapa Algodão, Documentos 126).
- BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: **O agronegócio da mamona no Brasil**. AZEVEDO, D. M. e LIMA, E.F. (Ed.). Embrapa algodão (Campina Grande – Paraíba) – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 37-62.
- BAYU, W.; ADDISU, M.; TADESSE, B.; ADMASSU, L. Intercropping tef and sunflower in semi-arid areas of Welo, Ethiopia. **Tropical Science**, v.47, n.1, p.16-21, 2007.
- BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; MARACAJA, P. B. Época relativa de plantio no consórcio mamona e gergelim. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v.5, n.5, p-67-73, 2010 a.
- BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; OUTO, J. S. Consórcio mamona e amendoim: Opção para a agricultura familiar. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v.5, n.4, p-222-227, 2010 b.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Rio de Janeiro: MAPA/SUDENE. 1973. v. 1, p. 301 (Boletim Técnico, 28).

BRASIL. **Resolução ANP N° 167, de 19 de março de 2008 - DOU 20 de março de 2008**. Considerando o disposto no inciso I, art.8° da Lei n° 9.478, de 6 de agosto de 1997, alterada pela Lei n° 11.097, de 13 de janeiro de 2005 e com base na Resolução de Diretoria n° 2007, de 19 março de 2008.

COCHRAN, W. G. The combination of estimates from different experiments. **Biometrics**, v.10, n.1, p.101-120, 1954.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, Quarto levantamento, janeiro 2011** / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, 41p. 2011.

CORRÊA, M. L. P. **Comportamento da mamoneira consorciada com caupi, sorgo e amendoim**. 2005, 84 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CORRÊA, M. L. P.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B. Comportamento de cultivares de mamona em sistema de monocultivos e consorciados com caupi e sorgo granífero. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.2, p.200-2007, 2006.

**EMBRAPA. Cultivares**. Disponível em:

<[http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op\\_page=64&cod\\_pai=155](http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=64&cod_pai=155)>, acesso em 27 dez. de 2007 b.

EMBRAPA ALGODÃO (Campina Grande, PB). **MAMONA BRS ENERGIA**, 2007 a (Folder).

ENDONDO, C.; SAMATANA, M. Influence de la date du semis niébe sur le rendement du cotonnier dans l'association cotonnier-niéber. **Cahiers Agriculture**, v.8, n.3, p.215-217, 1999.

FERNÁNDEZ-MARTINEZ, J. M.; PÉREZ -VICH, B.; VELASCO, L. Sunflower. In: **Handbook of Plant Breeding, Volume 4, Oil Crops**, Springer, 548 p, 2009.

FLESCH, R.D. Efeitos temporais e espaciais no consórcio intercalar de milho e feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37, n.1, p.51-56, 2002.

HERNÁNDEZ, A.; RAMOS, R.; SÁNCHEZ, J. Distribución espacial y temporal en el policultivo yuca-frijol: uso equivalente de la tierra. **Agronomía Mesoamericana**, v.10, n.1, p. 63-66, 1999.

KALONDA, O. Cultures associées de coton (*Gossypium hirsutum*) et de niébé (*Vigna unguiculata*) au Zaïre. **Cahiers Agricultures**, v.2, p. 146-149, 1993.

KUMAR, H. C. S.; MUDALAGIRIYAPPA; NANJAPPA, H. V.; RAMACHANDRAPPA, B. K. Productive performance of castor (*Ricinus communis* L.) based intercropping systems under rainfed conditions of Central Dry Zone in Karnataka. **Mysore Journal of Agricultural Sciences**, v.44, n.3, p.481-484, 2010.

LOPEZ, J.; BALDINI, M.; QUAGLIOTTI, L.; OLIVIERI, A. M. Intercropping sunflower and maize in MOZAMBIQUE. **Helia**, v.24, n.35, p.1-10, 2001.

MAURICE, G.; ALBERT, N.; ISIDORE, T.; FRANÇOIS, A. A. Altering the time of intercropping cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) relative to maize (*Zea mays* L.): A food production strategy to increase crop yield attributes in Adamaw-cameroon. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 6, n.5, p. 473-479, 2010.

MBAH, E. U.; MUONEKE, C.O.; OKPARA, D. A. Effect of compound fertilizer on the yield and productivity of soybean and maize in soybean/maize intercrop in SOUTHEASTERN NIGERIA. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.7, n. 2 , p. 87 – 95, 2007.

MEAD, R.; WILLEY, R. W. The concept of a 'Land Equivalent Ratio' and advantages in yields from intercropping. **Experimental Agriculture**, v.16, n.3, p.217-228, 1980.

NATARAJAN, M.; WILLEY, R. W. The effects of water stress on yield advantages of intercropping systems. **Field Crops Research**, v. 13, p. 117-131, 1987.

LOWE, V. I. O.; AJAYI, J. A.; OGUNBAYO, A. S. Potential of intercropping soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) and cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) with sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the transition zone of south west Nigeria. **Tropical Agricultural Research and Extension**, v.9, p.91-102, 2006.

PEÑA, J. A.; DOMINGUESZ, P.; AGUDELO, O. Epocas de siembra de girasol intercalado en caña de azucar. **Acta Agronomica**, v. 39, n. 3-4, p. 150-158, 1989.

PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P. de; PINTO, R. J. B. Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n 4, p. 491-499, 2007.

ROSALES, E. J. M.; MORA, O. F. Biomass, yield and land equivalent ratio of *Helianthus annuus* L. IN SOLE crop and intercropped with *Phaseolus vulgaris* L. in high Valleys of MEXICO. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.10, n.3, p.431 – 439, 2009.

ROSALES, E. J. M.; ESTRADA, J. E.; SANDOVAL, J. L. Crecimiento, índice de cosecha y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en unicultivo y asociado con girasol (*Helianthus annuus* L.). **Universidade y Ciencia**, v.24, n.1, p.1–10, 2008.

SALEEM, R.; FAROOQ, M. U.; AHMED, R. Bio-economic assessment of different based intercropping systems at different geometric configurations. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.6, n.13, p.1.187-1.190, 2003.

SANTOS, J. W. dos; ALMEIDA, F. de A. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; CAVALCANTI, F. B. **Estatística experimental aplicada**. 2ed. Revisada e Ampliada. Campina Grande: EMBRAP Algodão/Universidade Federal de Campina Grande, 2008. 461 p.

SEVERINO, L. S. **O Que Sabemos sobre a Torta de Mamona**. Campina Grande: Embrapa –CNPA, 2005, 31p. (Embrapa Algodão. Documentos, 134).

SHANTHY, A.; CHINNAMUTHU, C. R.; RAMESH, T. Productivity and economics of groundnut-sunflower intercropping system as influenced by nutrient management practices under irrigated condition. **The Madras Agricultural Journal**, v.96, n.7-12, p.374-377. 2009.

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

TÁVORA, F. J. A. F.; LOPES, L. H. de O. Deficiência hídrica no consórcio milho x caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 7, p. 1011-1022, 1990.

TÁVORA, F. J. A. F.; MELO, F. I. O.; SILVA, F.P. DA; BARBOSA FILHO, M. Consorciação d mamona com culturas anuais de ciclo curto. **Revista Ciência Agronômica**, v.19, n.2, p.85-94, 1988.

TARLALKAR, P. P.; RAO, N.G. P. **Genotype-plant density considerations in the development of an eficiente intercropping system for sorghum**. Proceedings of the International Workshop on intercropping. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Hyderabad, India, 10-13 Jan. 1979.

THANUNATHANM, K.; MALARVIZHI, S.; THIRUPPATHI, M., IMAYAVARAMABAN, V. Economic evaluation of castor-based intercropping systems, **The Madras Agricultural Journal**, v.95, n.1-6, p.38-41. 2008.

WINCH, T. DESCRIPTION AND CHARACTERISTICS OF THE MAIN FOOD CROPS – Sunflower. In: **Growing Food: A Guide to Food Production**, Springer, 342 p, 2006.