



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

**DISSERTAÇÃO**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**AVALIAÇÃO DE ÍNDICES AGRONÔMICOS DO SISTEMA CONSORCIADO  
(MAMONA E CANA-DE-AÇÚCAR) SUBMETIDO A DIFERENTES LÂMINAS DE  
IRRIGAÇÃO E POPULAÇÕES**

**FRANCISCO FIGUEIREDO DE ALEXANDRIA JUNIOR**

**Campina Grande – Paraíba**

**Agosto – 2011**

**AVALIAÇÃO DE ÍNDICES AGRONÔMICOS DO SISTEMA CONSORCIADO  
(MAMONA E CANA-DE-AÇÚCAR) SUBMETIDO A DIFERENTES LÂMINAS DE  
IRRIGAÇÃO E POPULAÇÕES**

**FRANCISCO FIGUEIREDO DE ALEXANDRIA JUNIOR**

Engenheiro Agrônomo

**AVALIAÇÃO DE ÍNDICES AGRONÔMICOS DO SISTEMA CONSORCIADO  
(MAMONA E CANA-DE-AÇÚCAR) SUBMETIDO A DIFERENTES LÂMINAS DE  
IRRIGAÇÃO E POPULAÇÕES**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências do Curso para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola na Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

Orientadores: Professor Dr. José Dantas Neto

Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão

**Campina Grande - Paraíba**

**Agosto- 2011**



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

A382a Alexandria Junior, Francisco Figueiredo de.  
Avaliação de índices agronômicos do sistema consorciado (mamona e cana-de-açúcar) submetido a diferentes lâminas de irrigação e populações / Francisco Figueiredo de Alexandria Junior. — Campina Grande, 2011.  
49 f. : il. color

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientador: Prof. Dr. José Danas Neto e Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão

1. *Ricinus communis* L. 2. *Saccharum officinarum*. 3. Índice eficiente da terra. I. Título.

CDU – 631.62/67(043)

**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO**

**FRANCISCO FIGUEIREDO DE ALEXANDRIA JUNIOR**

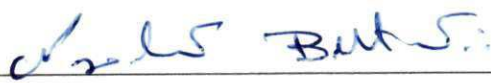
**AVALIAÇÃO DE ÍNDICES AGRONÔMICOS DO SISTEMA CONSORCIADO  
(MAMONA E CANA-DE-AÇÚCAR) SUBMETIDO A DIFERENTES LÂMINAS  
DE IRRIGAÇÃO E POPULAÇÕES**

BANCA EXAMINADORA:


PARECER:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Dantas Neto - Orientador

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão – Orientador

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima- Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Félix de Brito Neto- Examinador

APROVADO

**Campina Grande - Paraíba**

**Agosto- 2011**

Aos meus pais:

Francisco Figueiredo de Alexandria (In Memória)

Maria Ivonete Rodrigues de Alexandria

A minha esposa, Amonikele Gomes Leite de Alexandria, por todo amor, respeito, a todos os momentos de felicidades,

Ao meu filho: Francisco Figueiredo de Alexandria Neto

As minhas irmãs: Cristiany Rodrigues de Alexandria e Juliana Rodrigues de Alexandria

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

*A Deus, por me ter concedido forças, paciência e coragem nos momentos mais difíceis durante a conclusão dessa etapa e por todas as graças recebidas em toda a minha existência.*

*Ao meu pai Francisco Figueiredo de Alexandria (in memorian), que tornou-se pra mim exemplo a seguir na vida com dignidade e simplicidade e minha mãe Maria Ivonete Rodrigues que sempre me ensinou a enfrentar os desafios encontrados na vida.*

*A minha esposa Amonikele, por todo o apoio sempre estando ao meu lado e ao meu filho Francisco Neto que me concedeu mais um motivo para alcançar meus objetivos.*

*Aos meus orientadores Prof. Dr. José Dantas Neto, Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão e a Professora Dr. Vera Lucia Antunes por todos os ensinamentos transmitidos e valiosa contribuição acadêmica e pela amizade e incentivo*

*Em especial as pessoas que ajudaram a desenvolver este trabalho, Robson e Hamilton e Wagner*

*Ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade na realização deste curso.*

*À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.*

*À Fazenda Ponta da Serra no município de Queimadas local da pesquisa (campo).*

*A EMBRAPA Algodão (CNPQ), pelos ensinamentos científicos, acolhimento, confiança e seriedade e a Félix pela contribuição no trabalho e pela amizade*

*Aos funcionários da Coordenação de Pós-Graduação, Gilson e D. Cida, pela ajuda irrestrita.*

*Aos Professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Hugo, Vera, José Dantas, Francisco de Assis e Carlos Azevedo, por todos os ensinamentos e amizade.*

*Aos colegas de curso Josinaldo, Aline, Riuzuane Wherlyson, José Rodrigues, Paulo Fracinete Eptácio (in memorian) Eloy, Niwton, Kaline, Janivan, Eduardo, Madson, Alexandra, Mônica, Vinicius, Amilton, Silvana, Joelma, Kleber, Doroteu pela ajuda nas horas mais difíceis e união.*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	xii
<b>LISTA DE TABELAS</b>	xii
<b>RESUMO</b>	xiii
<b>ABSTRACT</b>	ix
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2. OBJETIVOS</b>	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos.	3
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	4
3.1 A cultura da mamona.	4
3.1.1 Origem e distribuição geográfica.	4
3.1.2 Botânica e morfologia	4
3.1.3 Clima e meio ambiente.	5
3.1.4 Importância econômica e produtos.	6
3.1.5 Aspectos da irrigação	7
3.1.6 Necessidades hídricas das culturas	8
3.2 Cultura da cana-de-açúcar	8
3.2.1 Origem da cana-de-açúcar	8
3.2.2 Aspectos morfológicos da cana-de-açúcar	8
3.2.3 Ciclo fenológico	11
3.2.4 Propagação	12
3.2.5 Fatores climáticos	13
3.2.6 Irrigação da cana-de-açúcar	13
3.3 Sistemas consorciados.	14
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b>	17
4.1 Localização do experimento, clima e solo	17
4.2 Variedades e plantio	19
4.2.1 Cana-de-açúcar	19
4.2.2 Mamona	19
4.3 Tratamentos e delineamento experimental	19
4.4 Irrigação da cana-de-açúcar	21
4.4.1 Equipamentos de irrigação	21
4.4.2 Manejo da irrigação	22
4.5 Tratos culturais.	24
4.6 Variáveis de crescimento analisadas	24
4.6.1 Altura da planta	24
4.6.2 Diâmetro caulinar	24
4.6.3 Área foliar	24
4.6.4 Massa seca da parte aérea	25
4.6.5 Massa seca da raiz	25
4.7 Rendimentos e Índices agronômicos.	25
4.7.1 Uso Eficiente da Terra (UET)	25
4.7.2 Coeficiente Relativo populacional (K)	26
4.8 Análise estatística	28



<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.</b>	27
5.1 Variáveis de crescimento analisadas.	29
5.1.1 Altura da planta	29
5.1.2 Diâmetro caulinar.	30
5.1.3 Área foliar.	31
5.1.4 Massa seca da parte aérea	32
5.1.5 Massa seca da raiz.	34
5.2 Rendimentos e Índices Agronômicos	36
<b>6. CONCLUSÕES</b>	42
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	43

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Períodos de desenvolvimento da cana-de-açúcar, segundo Kuyper	11
<b>Figura 2:</b> Precipitação pluviométrica da área experimental. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas-PB, 2010	18
<b>Figura 3:</b> Croqui da área experimental com as lâminas de irrigação distribuídas em faixas e os espaçamentos de mamona compondo as subparcelas. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas-PB, 2010.	20
<b>Figura 4:</b> Espaçamentos de mamona intercalados nas fileiras de cana-de-açúcar. 1 x 0,5 (A); 1 x 1 (B); 1 x 1,5 (C) e 1 x 2 m (D).	20
<b>Figura 5:</b> Regressão da altura da planta (cm) em função dos espaçamentos de mamona utilizados. Fazenda Ponta da serra, Queimadas-PB, 2010	29
<b>Figura 6:</b> Regressão do diâmetro do caule (mm) em função dos espaçamentos de mamona utilizados. Fazenda Ponta da serra, Queimadas-PB, 2010	31
<b>Figura 7:</b> Regressão da área foliar (cm <sup>2</sup> ) em função das lâminas de irrigação aplicadas. Fazenda Ponta da serra, Queimadas-PB, 2010	32
<b>Figura 8:</b> Regressão massa seca da parte aérea (g) em função das lâminas de irrigação aplicadas. Fazenda Ponta da serra, Queimadas-PB, 2010	33
<b>Figura 9:</b> Regressão massa seca da parte aérea (g) em função dos espaçamentos de mamona utilizados. Fazenda Ponta da serra, Queimadas-PB, 2010	34
<b>Figura 10:</b> Regressão massa seca da raiz (g) em função das lâminas de irrigação aplicadas. Fazenda Ponta da serra, Queimadas-PB, 2010.	35
<b>Figura 11:</b> Regressão do rendimento de mamona em função do espaçamento de mamona. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas-PB, 2010.	37
<b>Figura 12:</b> Regressão do rendimento da cana-de-açúcar em função do espaçamento de mamona. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas-PB, 2010.	37

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Ciclos da cana-de-açúcar e fases do ciclo fenológico, segundo Scardua & Rosenfeld (1987)	12
<b>Tabela 2:</b> Análise físico-hídrica do solo da área experimental. Fazenda Ponta da Serra. Queimadas, PB. 2010	17
<b>Tabela 3:</b> Análise química do solo da área experimental. Fazenda Ponta da Serra. Queimadas, PB. 2010	18
<b>Tabela 4:</b> Análise química da água de irrigação utilizada na área experimental, Fazenda Ponta da Serra, Queimadas-PB, PB, 2010	21
<b>Tabela 5:</b> Coeficientes de cultura (Kc) para a cultura da cana-de-açúcar em diferentes estádios de desenvolvimento.	23
<b>Tabela 6:</b> Lâmina de água de irrigação, precipitação e lâmina total aplicada à cultura. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009.	24
<b>Tabela 7:</b> Resumos das análises de variância da altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), da mamona submetida a diferentes lâminas de irrigação e espaçamentos. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas. PB. 2010.	28
<b>Tabela 8:</b> Valores médios das variáveis altura da planta (AP), área foliar (AF), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e da produtividade da cana-de-açúcar SP 791011, submetida em diferentes lâminas de água e doses de silício. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas. PB. 2010.	28
<b>Tabela 9:</b> Resumo da análise de variância (quadrados médios) e valores médios das variáveis rendimento da mamona ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) e rendimento da cana-de-açúcar ( $\text{ton ha}^{-1}$ ).	36
<b>Tabela 10:</b> Comparações entre as médias dos tratamentos considerando o índice de uso eficiente da terra (UET), a agressividade (A) e o coeficiente relativo populacional para a mamona (Km) e para a cana-de-açúcar (Kc) na lâmina correspondente a 50% Etc. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas-PB, 2010.	39
<b>Tabela 11:</b> Comparações entre as médias dos tratamentos considerando o índice de uso eficiente da terra (UET), a agressividade (A) e o coeficiente relativo populacional	41

para a mamona (Km) e para a cana-de-açúcar (Kc) na lâmina correspondente a 75% ETc. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas-PB, 2010

**Tabela 12:** Comparações entre as médias dos tratamentos considerando o índice de uso eficiente da terra (UET), a agressividade (A) e o coeficiente relativo populacional para a mamona (Km) e para a cana-de-açúcar (Kc) na lâmina correspondente a 100% ETc. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas-PB, 2010. 40

**Tabela 13:** Comparações entre as médias dos tratamentos considerando o índice de uso eficiente da terra (UET), a agressividade (A) e o coeficiente relativo populacional para a mamona (Km) e para a cana-de-açúcar (Kc) na lâmina correspondente a 125% ETc. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas-PB, 2010.. 41

## **AVALIAÇÃO DE ÍNDICES AGRONÔMICOS DO SISTEMA CONSORCIADO (MAMONA E CANA-DE-AÇÚCAR) SUBMETIDO A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E POPULAÇÕES**

**RESUMO:** O experimento foi conduzido sob condições de campo na área pertencente à fazenda Ponta da Serra situada na cidade de Queimadas, PB, localizada pelas coordenadas geográficas: 7° 22' 00" de latitude sul, 36° 00' 06" de longitude. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, sendo que os tratamentos resultaram da combinação de quatro lâminas de irrigação referentes à reposição de água de 50, 75, 100 e 125 % da evapotranspiração da cultura, com quatro espaçamentos da mamona (1x0,5; 1x1; 1x1,5 e 1x2 m) intercaladas entre as fileiras de cana-de-açúcar com três blocos. Avaliou-se no crescimento da mamona a altura, o diâmetro do caule, a área foliar, a massa seca da parte aérea e da raiz e a produtividade. Com relação aos índices agronômicos determinou-se o uso eficiente da terra, o índice de competitividade e o coeficiente relativo populacional. As variáveis de crescimento, como altura da planta, diâmetro do caule e a matéria seca da parte aérea da mamona foram influenciados pelos espaçamentos de mamona utilizados. As lâminas de irrigação utilizadas isoladamente interferiram nas variáveis área foliar, matéria seca da parte aérea e da raiz. O rendimento da mamona foi influenciada significativamente pelas pelos espaçamentos utilizados, tendo o espaçamento de 1x0,5m , proporcionado o maior rendimento. O rendimento da cana-de-açúcar foi influenciado pela população de mamona, onde obteve o valor máximo co menor espaçamento de mamona. O maior valor do índice eficiente da terra foi obtido no espaçamento e o menor valor do coeficiente relativo populacional (K) foram obtidos no espaçamento 1x0,5 em todas as lâminas de irrigação estudadas.

**Palavras chave:** *Ricinus communis*, *Saccharum officinarum*, índice eficiente da terra

**AGRONOMIC EVALUATION OF INDICES OF INTERCROPPING SYSTEM  
(CASTOR AND CANE SUGAR) UNDER DIFFERENT POPULATIONS AND  
IRRIGATION DEPTHS**

The experiment was conducted under field conditions in the farm belonging to the Ponta da Serra in the city of Fires, PB, located by geographical coordinates: 7 ° 22 '00 "south latitude, 36 ° 00' 06"longitude. The objective is therefore to assess the growth and development of agronomic rates and castor intercropping system. The experimental design was randomized blocks, and the treatments consisted of combinations of four irrigation levels regarding the replacement of water 50, 75, 100 and 125% of crop evapotranspiration, with four castor spacings (1x0, 5 , 1x1, 1x1, 1x2 and 5 m) interspersed between the rows of cane sugar with three blocks. We evaluated the growth of the castor height, stem diameter, leaf area, dry mass of shoot and root and productivity. With respect to agronomic rates determined the efficient use of land, the competitiveness index and the coefficient on population. growth variables, such as plant height, stem diameter and shoot dry matter were influenced by the castor bean castor spacing used. The water depth in the variables used alone interfered leaf area, dry matter of shoot and root. The yield of castor bean was significantly affected by the spacing used and the spacing of 1x0, 5m, provided the highest yield. The yield of cane sugar was influenced by the population of castor bean, where he received the maximum co castor smaller spacing. The highest index was obtained efficient land in the spacing and the lowest value of the coefficient for population (K) were obtained in spacing 1x0, 5 in all water depths studied.

**Keywords:** *Ricinus communis*, *Saccharum officinarum*, index efficient land

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil, pela sua extensão territorial e condições climáticas propícias, é considerado um país privilegiado para a exploração de biomassa para fins energéticos. No campo das oleaginosas, matéria-prima potencial para a produção de biodiesel, as vocações são bastante diversificadas e as principais culturas destaca-se a mamona na região Semi-Árida do Nordeste e Norte de Minas Gerais que vem sendo muito utilizada para a produção industrial de biodiesel a partir do seu óleo (FREITAS; PENTEADO, 2006). A cana-de-açúcar é utilizada como matéria-prima para a fabricação de açúcar, álcool, aguardente e rapadura, desde os primórdios da colonização do Brasil. Do seu processamento se obtém uma grande quantidade de subprodutos: o bagaço é usado como fonte de energia; a vinhaça, uma excelente fonte de potássio para a cultura; a torta de filtro, para recuperação de áreas degradadas e com baixo teor de matéria orgânica e o melaço, usado na alimentação animal (Souza et al., 1999). Nas regiões semi-áridas, em regime de sequeiro, deve ser priorizado o plantio de culturas com características de adaptação à seca. A mamoneira (*Ricinus communis* L.), o amendoim (*Arachis hypogaea* L) e o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp) são plantas cultivadas com grande capacidade de adaptação aos mais diversos ambientes, possuindo elevada resistência à seca (AMORIM NETO et al., 2001).

Uma das estratégias usadas pelos produtores para alcançar alta produtividade e promover a sustentabilidade no tempo de seus sistemas de produção agrícola, tem sido o uso de cultivos consorciados (cultivo de várias culturas na mesma área). A principal razão mencionada para utilização destes sistemas é a de que permitem aumento na eficiência de uso dos recursos ambientais (PARK et al., 2002). Como consequência, há um aumento na produtividade biológica total por unidade de área de terra e na sustentabilidade. Recentemente, o interesse em sistemas de cultivo com associações de culturas envolvendo hortaliças tem recebido mais atenção por parte dos pesquisadores. Estas associações têm contribuído para o aumento da atividade olerícola, principalmente pelas vantagens de ordem econômica, devido ao uso intensivo de recursos renováveis ou não (CECÍLIO FILHO, MAY, 2002). O consórcio de plantas é uma prática agrícola muito usada em todas as regiões tropicais. O agricultor familiar utiliza o plantio simultâneo de diferentes culturas na mesma área, como estratégia para fugir da

irregularidade climática muito freqüente nessa região. Acredita-se que, ao cultivar espécies com diferença quanto ao ciclo, ao porte, com sistema radicular distintos que explorem diferentes perfis de solo e com necessidades nutricionais específicas, em consórcio, o produtor poderá assegurar maior estabilidade de produção, melhor uso dos recursos naturais, melhor controle de pragas e doenças, além de aspectos como otimização do uso de mão-de-obra, controle de erosão, diversificação de matéria-prima para alimentação da família e do rebanho e melhor eficiência no uso da terra (ALTIERI; LIEBMAN, 1986; FRANCIS, 1986).

A disponibilidade de água é um fator que influencia na produtividade das plantas. As chuvas nem sempre fornecem a quantidade de água suficiente para a necessidade hídrica das culturas, tendo-se que fazer suplementação com irrigação, a qual deve ser bem planejada, para obtenção de um bom retorno econômico. A irrigação é uma prática que, quando bem planejada e associada, resulta em elevadas produtividades (Azevedo, 2002).



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos de diferentes lâminas de água e espaçamentos de mamona na determinação de índices agronômicos e no crescimento de plantas de mamona no sistema consorciado com cana-de-açúcar.

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Estudar o crescimento da mamona submetido a diferentes lâminas de água e espaçamentos.
2. Estudar ao rendimento da mamona e da cana-de-açúcar no sistema consorciado.
3. Determinar o uso eficiente da terra (UET) e o coeficiente relativo populacional (K) e do sistema consorciado mamona + cana-de-açúcar.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 A CULTURA DA MAMONA

##### 3.1.1 Origem e distribuição geográfica

O continente asiático, segundo alguns estudiosos, é tido como provável centro de origem da mamoneira, ao passo que outros consideram a África intertropical. Atualmente a hipótese mais aceita é que esta cultura seja originária do Nordeste da África, possivelmente da Etiópia, antiga Abissínia (LORENZI, 2000; BELTRAO et al., 2001; OLSNES, 2004).

No Brasil é cultivada desde o Amazonas até o Rio Grande do Sul, embora seja cultivada desde o paralelo 40° norte ao paralelo 40° sul, com intervalos de altitude de 300-1500 m acima do nível do mar. Com características de cultura resistente à seca, a mamoneira expressa rendimento Máximo com precipitação de 600-700 mm distribuídas principalmente em seu estágio vegetativo (WEISS, 1983). No Brasil, a introdução da cultura se deu durante a colonização portuguesa, por ocasião da vinda dos escravos africanos (MAZZANI, 1983). No contexto nacional, a Região Nordeste é a principal produtora de mamona, sendo responsável por mais de 90% da produção nacional. Entretanto, essa cultura pode ser cultivada em varias regiões do País, encontrando-se plantios comerciais nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Ambientes com altas precipitações e muito úmidos, como a Amazônia e o Pantanal, não são adequados para o plantio da mamona (SEVERINO et al. 2006).

##### 3.1.2 Botânica e morfologia

A mamoneira pertence a classe Dicotiledônea, ordem Geraniales, família Euphorbiaceae, gênero *Ricinus* e espécie *R. communis* L. No Brasil, é conhecida sob as denominações de mamoneira, rícino, carrapateira e palma-de-cristo; na Inglaterra e Estados Unidos da América pelos nomes de "castor bean" e "castorseed" respectivamente. As plantas desta espécie tem grande variabilidade em diversas características, como hábito de crescimento, cor das folhas e do caule, porte e teor de óleo nas sementes, dentre outras. Pode-se, portanto, encontrar tipos botânicos com porte baixo ou arbóreo, ciclo anual ou semi-perene, com folhas e caule verde, vermelho ou rosa, com presença ou não de cera no caule, com frutos inermes ou com espinhos

deiscentes ou indeiscentes, com sementes de diferentes tamanhos e colorações e diferentes teores de óleo (SAVY FILHO, 1996).

No território brasileiro ocorre espontaneamente em muitas áreas e possui porte variado. Mas sob cultivo apresenta hábito de crescimento arbustivo com muitas colorações de caule, folhas e racemos, podendo ainda possuir cera no caule e pecíolo. O porte é comumente classificado em: anão e normal, sendo este último subdividido em médio, alto e arbóreo. No Brasil, as cultivares de mamona utilizadas em cultivos comerciais possuem altura que varia de 1 a 4 metros (SAVY FILHO, 2004).

O sistema radicular é pivotante e fistuloso podendo atingir até três metros de profundidade, se não houver impedimentos físicos; as raízes laterais são bem desenvolvidas e situam-se a poucos centímetros da superfície do solo. Trata-se de uma planta monóica, a inflorescência é uma panícula terminal e recebe o nome de racemo, apresentando flores femininas na parte superior e masculinas na porção inferior da raque. Ocasionalmente pode ocorrer uma distribuição irregular ou dispersa das flores ao longo do racemo. Algumas plantas podem conter inflorescências totalmente pistiladas, ou seja, apenas flores femininas (CARVALHO, 2005).

### **3.1.3 Clima e meio ambiente**

A mamoneira cresce e floresce sob uma ampla extensão de condições climáticas, embora sua habilidade para produzir satisfatoriamente seja limitada pela incidência de déficit hídrico, frio intenso ou temperaturas muito elevadas durante o florescimento. Dentre os estádios de desenvolvimento, o período reprodutivo é o mais afetado e o que mais limita a produtividade da cultura, quando as condições ambientais são desfavoráveis. É uma planta que cresce bem desde o nível do mar até altitudes superiores a 2.000 metros. Mesmo assim, áreas com altitudes entre 300 e 1.800 metros parecem ser as mais favoráveis, apesar de outros fatores, como a classe de solo, comprimento da estação de crescimento, temperatura e disponibilidade de umidade no solo, influenciarem na seleção de áreas para o cultivo (WEISS, 1983).

Segundo Amorim Neto et al. (2001), a mamona requer clima tropical, com temperatura média do ar entre 20 e 30 °C, altitude entre 300 a 1500 m e precipitação de pelo menos 500 mm no ciclo da cultura para produzir entre 1,0 a 1,5 t de baga ha<sup>-1</sup> em regime de sequeiro, para as cultivares de ciclo médio de 230 dias, disponíveis na atualidade, como a BRS 149 Nordestina e a BRS 188 Paraguacu, sintetizadas pela EMBRAPA e seus parceiros, como a EBDA (Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola). Severino et al. (2006) avaliando a produtividade e o teor de óleo de dez

genótipos de mamoneira em altitude inferior a 300 metros observaram, produtividades de até 2.583,9 kg ha<sup>-1</sup> e teor de óleo na semente de 48,6 %, para a cultivar “BRS 149 Nordestina”. Diante disso, concluíram que tanto o rendimento como o teor de óleo das sementes foram satisfatórios, apesar dos cultivos serem realizados em locais de baixa altitude.

### **3.1.4 Importância econômica e produtos**

A cultura da mamoneira apresenta-se como uma alternativa de grande importância econômica e social ao semi-árido nordestino, pois devido as suas características, tem capacidade de produzir relativamente bem até em condições de baixa precipitação pluvial, além de ter um bom mercado consumidor. Pode ser consorciada com outras culturas, tornando-se assim uma excelente opção para a agricultura familiar desta região (BELTRÃO et al., 2003).

Devido a extraordinária capacidade de adaptação e a multiplicidade de aplicações industriais do óleo de suas sementes, a mamoneira inclui-se entre as oleaginosas tropicais de maior valor econômico e estratégico na atualidade. Possui potencial capaz de fomentar o crescimento da economia do semi-árido nordestino, tanto como cultura alternativa, com características de resistência a seca, tanto como fator fixador de mão-de-obra, gerador de emprego no campo e de matéria-prima para a indústria (AZEVEDO et al., 1998).

Do ponto de vista industrial o óleo, que é o seu principal produto, e um dos mais versáteis da natureza, de utilidade só comparável a do petróleo, com a vantagem de ser renovável. Embora impróprio para o consumo humano, e matéria-prima para mais de quatrocentos produtos, sendo utilizados nas indústrias farmacêutica, cosmética, alimentícia, de revestimentos protetores, vernizes e tintas, ceras impermeabilizantes, de lubrificantes e outras (AZEVEDO et al., 1998; AMARAL, 2003). Da industrialização da mamona obtém-se, como produto principal, o óleo e, como subproduto, a torta de mamona que possui, enquanto fertilizante, a capacidade de restauração de terras esgotadas (MATOS, 2007). É relatado o seu uso em diversas áreas como aditivo alimentar e película protetora em cápsulas de remédios; ornamental, alimento de bicho-da-seda, lubrificante industrial, medicina popular.

O mercado do uso do óleo na ricinoquímica é pequeno, porém com os problemas ocasionados pelo uso contínuo de petróleo que poderão incrementar muito a temperatura média do planeta, além de excesso de CO<sub>2</sub> na atmosfera, o mundo nos últimos dois anos despertou para uso da biomassa, que não polui o ambiente e pode

gerar milhões de empregos, tendo também grande apelo social. Por sua resistência a seca e qualidade do óleo, a mamoneira produz um biodiesel com 15% de oxigênio, que poderá ser grande alternativa para o Brasil produzir energia limpa (EMBRAPA, 2003).

### **3.1.5 Aspectos da irrigação**

A disponibilidade de recursos hídricos, com elevada porcentagem de terras agricultáveis, confere ao Brasil um dos maiores potenciais do mundo para o desenvolvimento da agricultura irrigada, no entanto, o quadro que se apresenta é bem diferente. Em um índice estabelecido pela FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) para relacionar a área atual de agricultura irrigada e a área potencialmente irrigável, ficou demonstrado que o Brasil ocupa somente a 22ª colocação da América, num total de 27 países (TESTEZLAF et al., 2002).

Segundo Amorim Neto (1996), sendo a irrigação a principal atividade humana consumidora de água e, considerando o aumento dos custos com energia, além da concorrência pelos recursos hídricos e energéticos entre os setores industrial, urbano e agrícola, torna-se importante a realização de estudos para definir quando e quanto irrigar, visando atender as necessidades hídricas das plantas de maneira racional. O manejo eficiente da irrigação permitirá, além da economia dos recursos hídricos e energéticos, a otimização do uso dos insumos agrícolas e maiores retornos econômicos e a viabilização do aumento da área irrigada no país.

Para Ribeiro Filho (1966), a mamoneira é bastante exigente no tocante a umidade do solo, em especial no período de enchimento dos frutos, podendo-se usar diversos métodos de irrigação, desde a infiltração a aspersão. Hoje, pode-se lançar mão do gotejamento, que traz economia no uso da água e incremento de eficiência da irrigação. Este autor diz, ainda que, dependendo do solo, a quantidade de água a ser utilizada é em torno de 40 mm/15 dias com no máximo 70% de sua água disponível máxima consumida.

No Brasil, as áreas irrigadas com mamona são poucas, com alguns registros na Bahia, no Rio Grande do Sul e no Maranhão, atingindo-se até mais de 6,0 t de baga/ha, em alguns casos. No caso do uso da irrigação na ricinocultura, este fato somente se justifica utilizando-se elevada tecnologia para se tirar o máximo possível de produtividade. Para Barreto et al. (2006), informações de produtores na região de Irecê no estado da Bahia, relatam rendimentos de até 4.000 Kg/ha, em condições de irrigação, ao passo que, em cultivos de sequeiro, a média nacional está em torno de 800 Kg/ha (BELTRAO, 2004).

### **3.1.6 Necessidades hídricas das culturas**

Pode-se definir as necessidades de água de um cultivo como a quantidade de água necessária para cobrir as perdas por transpiração e evaporação de um cultivo livre de enfermidades, crescendo em grandes áreas, com abundante água e adubos, sem restrições nas condições de solo e obtendo-se produtividades satisfatórias nas condições de crescimento dadas. Necessidades hídricas de Culturas pode ainda ser definido como sendo a quantidade de água que potencialmente satisfaz a evapotranspiração de uma área vegetada quando a produção não é limitada pela falta de água.

O conhecimento da evapotranspiração (necessidades hídricas) de uma cultura durante seu ciclo e dos coeficientes de cultivo é de grande importância para o sistema de irrigação a ser aplicado, contribuindo para aumentar a produtividade e otimizar a utilização da lâmina de irrigação, dos equipamentos de irrigação, da energia elétrica e dos mananciais (AZEVEDO et al., 2003).

De acordo com Azevedo et al., (1993), para a obtenção de altos rendimentos e maior eficiência no uso de água do algodoeiro, é necessário que se conheça as necessidades hídricas da cultura, de modo que se possa oferecer as plantas a quantidade de água adequada para os processos metabólicos e fisiológicos.

## **3.2 A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR**

### **3.2.1 Origem da cana-de-açúcar**

Segundo Doorenbos & Kassam (2000) a cana-de-açúcar originou-se na Ásia, provavelmente na Nova Guiné. A maior parte da cana-de-açúcar comercial (de sequeiro e sob irrigação) é produzida entre as latitudes 35°N e 35°S do Equador. A cultura desenvolve-se bem sob estação quente e longa com incidência de radiação alta e umidade relativa adequada, seguida de período seco, ensolarado e medianamente frio, porém sem geadas, durante a maturação e a colheita.

### **3.2.2 Aspectos morfológicos da cana-de-açúcar**

A cana-de-açúcar é uma planta da Família Gramineae Endl. Gen. 77. Lindl. Veg. Kindgd. 106, sendo a *Saccharum officinarum* L. a espécie de maior importância econômica; o termo *saccharum* significa açúcar, substância doce, com sabor de sacarina, e o termo *officinarum* expressa oficina, fábrica, laboratório; os estudos botânicos que individualizam uma cultivar de potencial econômico por suas características de produtividade e resistência aos fatores externos, pragas e moléstias, baseiam-se em doze

aspectos organográficos: aspecto da touceira, folhas, aurícula, bainha, palha, colmo, internódio, gemas, perfilhamento, cicatriz foliar, nós e lígula (ARANHA & YAHN, 1987).

Segundo Castilho (2000), a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* ssp.), membro da tribo Antropogonae, família das gramíneas, pode ser originária da Índia ou da China (teoria não muito difundida), e é uma das mais significativas matérias-primas fornecidas pela agricultura, não só pela extensão da área cultivada mundialmente como, também, em decorrência das repercussões econômicas e sociais que exerce nos países produtores, cujo produtos são o açúcar e o álcool.

A cana-de-açúcar se desenvolve formando touceiras e se constitui de uma parte aérea e outra subterrânea. A porção aérea é composta pelos colmos, folhas e inflorescências, enquanto as raízes e os rizomas formam a parte subterrânea (Passos et al., 1973).

Para Haag et al. (1987) o crescimento aéreo da cana-de-açúcar, expresso em termos de alongamento, inclui o aumento da matéria seca que compreende o aumento do tamanho e a massa da planta e, também, dos fatores: variedade, idade, umidade, fertilidade do solo, temperatura, luz, vento, condições físicas do solo e da superfície foliar.

A cana-de-açúcar apresenta larga escala de adaptação, e é cultivada principalmente em regiões situadas entre os paralelos 35° N e 35° S, visto que no Brasil as variações climáticas possibilitam duas épocas de colheita anual: uma no norte-nordeste, de setembro a abril, e a outra no centro-sul, de junho a dezembro (ALFONSI et al., 1987).

As folhas são a fábrica onde a água, dióxido de carbono e nutrientes, são convertidos em carboidratos na presença da luz solar. De acordo com Humbert (1974) citado por Castilho (2000), são três as principais funções atribuídas às folhas: produção de carboidratos (fotossíntese); síntese de outros compostos a partir de carboidratos e transpiração. As folhas da cana-de-açúcar são alternadas e opostas, consistindo de uma lâmina e uma bainha que envolve o colmo (BLACKBURN & GLAZIOU, 1984). O número de folhas verdes é pequeno em plantas jovens e aumenta a medida em que o colmo cresce, atingindo um número máximo de 10 a 15 folhas por colmo, dependendo da variedade e das condições de crescimento. À medida que novas folhas emergem, as mais velhas e inferiores secam, morrem e caem (HUMBERT, 1974 citado por CASTILHO, 2000). O processo de renovação constante das folhas constitui uma defesa

natural contra pragas e doenças (LARCHER, 1995).

O colmo constitui-se num reservatório onde, em condições favoráveis à maturação, é acumulada grande quantidade de sacarose. É composto por uma sucessão de internódios em diferentes estádios fisiológicos, isto é, internódios maduros, em maturação e imaturos. Novos internódios são emitidos em intervalos de aproximadamente 10 dias (AZEVEDO, 2002). O colmo é cilíndrico, ereto, fibroso e constituído de nós e internódios; a altura varia de 1,0 a 5,0 m e o diâmetro pode variar desde menos de 1,0 cm até 5,0 cm; os internódios são a parte mais mole do colmo, apresentam uma quantidade de feixes fibrovasculares, aproximadamente a metade da quantidade existente no nós; e os nós, por sua vez, mostram elementos utilizados na identificação das variedades, entre eles as gemas (SILVA, 2002).

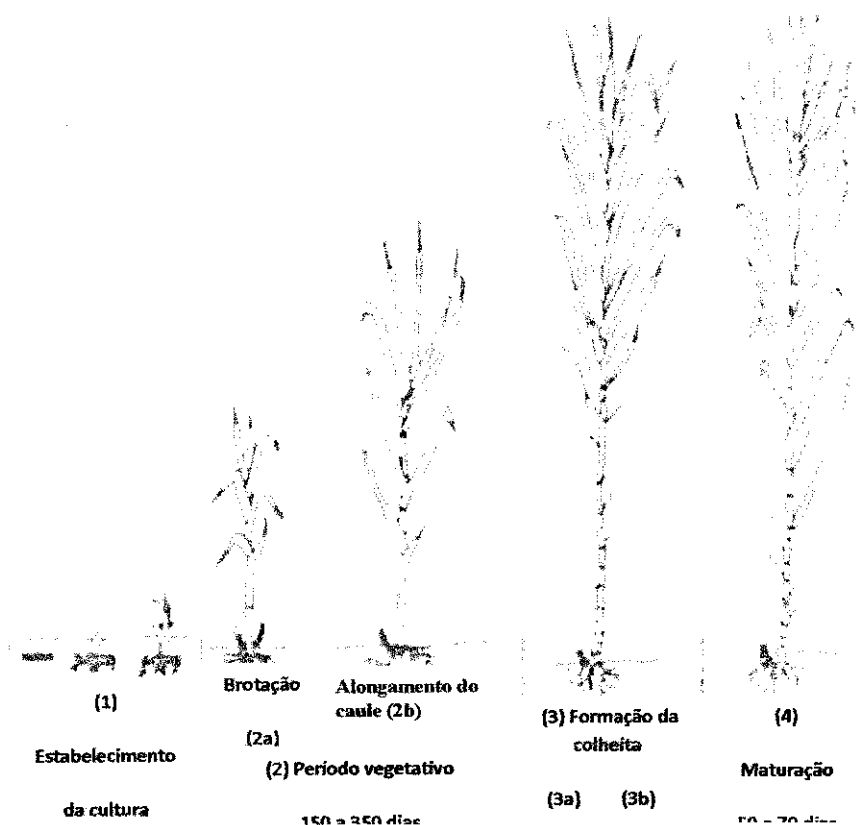
Na produção e maturação da cultura da cana-de-açúcar, os principais fatores que interferem são a interação edafoclimática, o manejo da cultura e a cultivar escolhida (CÉSAR et al., 1987). As variedades utilizadas para a produção de açúcar e álcool ou aguardente, devem apresentar boa produção na cana planta e soqueiras, teor elevado de sacarose, porte ereto, adaptabilidade aos vários tipos de solo, resistência às pragas e moléstias e despalha fácil (SILVA, 2002). Segundo Machado (1987), a produtividade da cana-de-açúcar depende da eficiência da integração do seu sistema produtivo formado pelas folhas fotossinteticamente ativas, do escoamento e distribuição do produto fotossintetizado, do consumo pela planta no seu desenvolvimento e reprodução e do acúmulo e armazenamento de sacarose.

O sistema radicular da cana-de-açúcar atinge até 5 m de profundidade, mas em áreas irrigadas 100% da água são extraídos, no máximo, de 1,2 a 2,0 m de profundidade. O desenvolvimento do sistema radicular se inicia com as raízes de fixação que, após a brotação das gemas, irão suprir os rebentos; a proliferação das raízes é favorecida pelas condições de água disponível e aeração do solo; a distribuição do sistema radicular apresenta aproximadamente 50% (em massa) de raízes nos primeiros 20 cm de profundidade e 85% até os 60 cm de profundidade do solo (BLACKBURN & GLASZIOU, 1995).



### 3.2.3 Ciclo fenológico

Segundo Kuyper, citado por Doorenbos & Kassan (1979) os períodos de desenvolvimento da cana-de-açúcar são: estabelecimento, período vegetativo, formação da colheita e maturação, representados na Figura 1.



**Figura 1:** Períodos de desenvolvimento da cana-de-açúcar, segundo Kuyper (1952)

Para Scardua & Rosenfeld (1987) os ciclos da cana são os apresentados na Tabela 1. A cana-de-açúcar apresenta quatro estágios na sua fenologia: estágio 1: brotação e emergência; estágio 2: perfilhamento e estabelecimento da arquitetura foliar; estágio 3: crescimento; e estágio 4: colmos no ponto de colheita, Silva Junior (2001).

**Tabela 1:** Ciclos da cana-de-açúcar e fases do ciclo fenológico, segundo Scardua & Rosenfeld (1987)

Idade da Cultura em mês		Estação de Crescimento
Cana planta	Cana soca	
0 – 2	0 – 1	Plantio até 0,25 de fechamento
2 – 3	1 – 2	0,25 a 0,50 de fechamento
3 – 4	2 – 3	0,50 a 0,75 de fechamento
4 – 7	3 – 4	0,75 até fechamento
7 – 14	4 – 9	Máximo desenvolvimento
14 – 16	9 – 10	Início da maturação
16 – 18	10 – 12	Maturação

O período de crescimento, segundo Machado et al. (1982) se processa em três fases: na fase inicial de crescimento lento, na fase de crescimento rápido e na fase final de crescimento lento. O período de crescimento vegetativo varia de 9 a 10 meses na Luiziana-EUA, até 24 meses ou mais no Peru, África do Sul e Havai (ALFONSI et al., 1987). No Brasil, conforme Scardua & Rosenfeld (1987) o ciclo da cultura é de 12 a 18 meses e no Nordeste do Brasil é de 12 a 14 meses

### 3.2.4 Propagação

Segundo Bull & Glasziou (1975), nos primeiros dias após a brotação das gemas o rebolo garante o suprimento de água e nutrientes. A medida em que ocorre a brotação, um novo sistema radicular é formado, etapa do ciclo muito importante para alimentação dos rebentos em sua fase de desenvolvimento inicial (CASAGRANDE, 1991). Em plantios comerciais a cana-de-açúcar é propagada assexuadamente através de estacas de duas ou três gemas, com 45 cm de comprimento em média. Cada gema se desenvolve em colmo primário que, por sua vez, dá origem a colmos secundários, dos quais brotam colmos terciários, e assim, sucessivamente, formando touceira. E nos primeiros 30 dias de brotação das gemas, a planta vive das reservas de nutrientes contidas na estaca e, parcialmente, do suprimento de água e de nutrientes proporcionado pelas raízes de fixação. Após este período inicia-se o desenvolvimento das raízes dos perfilhos primários e, posteriormente, dos secundários, e assim sucessivamente (BACCHI, 1983).

### **3.2.5 Fatores climáticos**

O cultivo da cana-de-açúcar deve abranger uma estação quente para crescimento, com temperaturas médias diárias ao redor de 30°C, requerendo um fornecimento adequado de água e alta incidência de raios solares. A fase de maturação e colheita deve ocorrer em temperaturas médias diárias mais baixas, ao redor de 10 a 20°C, baixa umidade do solo e com alta incidência de radiação solar. O autor concluiu, também, que, dentre os fatores não controláveis que afetam o crescimento da cultura, a temperatura é o mais importante (BLACKBURN & GLASZIOU, 1984). De acordo com Doorenbos & Kassan (1979), a temperatura ótima para brotação (germinação) das gemas da cana-de-açúcar é de 32 a 38°C. O crescimento ótimo é obtido com temperaturas médias diárias entre 22 e 30°C, sendo vigoroso a uma temperatura de 20°C; já para o período de maturação são desejáveis temperaturas relativamente baixas, na faixa de 10 a 20°C, que exercem notória influência na redução da taxa de crescimento vegetativo e enriquecimento da sacarose na cana.

### **3.2.6 Irrigação da cana-de-açúcar**

A água é essencial para os seres vivos e fator de fundamental importância para a produção de alimentos, sobretudo sob condições irrigadas. A prática da irrigação, como em muitas situações, é a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, como é o caso do semi-árido do Nordeste brasileiro, onde ocorre déficit hídrico para as plantas devido à taxa de evapotranspiração exceder, na maior parte do ano, a taxa de precipitação (HOLANDA & AMORIM, 1997).

Segundo Carvalho (2003), na Paraíba os tabuleiros costeiros têm apresentado grande potencial para a agricultura irrigada, haja vista o déficit pluviométrico, o que induz os investimentos em técnicas de agricultura irrigáveis, em especial com o uso da aspersão, notadamente na cultura da cana-de-açúcar, utilizando o pivô central.

A resposta da cana-de-açúcar à irrigação durante o período vegetativo e o início da formação da colheita é maior do que durante a última parte do período de formação da colheita, quando a área foliar ativa está diminuindo e a cultura apresenta menor capacidade de resposta à luz solar. Durante o período de maturação, os intervalos de irrigação são ampliados ou a irrigação é suspensa para que a cultura atinja a maturação, reduzindo a taxa de crescimento vegetativo, desidratando a cana e forçando a

transformação de todos os açúcares em sacarose recuperável. Com a paralisação do crescimento vegetativo, aumenta também a relação entre a matéria seca armazenada como sacarose e a utilizada para novo crescimento. Durante o período de formação da colheita, a irrigação freqüente tem efeito acelerador sobre a floração, o que leva à redução da produção de açúcar (DOORENBOS & KASSAM, 2000).

Segundo Robertson & Donaldson (1998) em observações feitas em 37 experimentos realizados na África do Sul, no período de 1966 a 1995, constataram que a suspensão da irrigação por ocasião da colheita aumentou em 10% o rendimento em peso fresco de cana-de-açúcar.

A produtividade de cana irrigada varia muito com a idade e ciclo da cultura, variedade, tipo de solo e clima, e os acréscimos de produtividade em relação à cana não irrigada somente são avaliados para regiões com irrigação suplementar, para verificar sua viabilidade, uma vez que nas regiões áridas e semi-áridas, irrigação é uma prática obrigatória. (IAA, 1986).

Segundo Azevedo (2002) verificaram que o maior efeito da irrigação sobre a produção de cana de 12 meses ocorreu no período de máximo desenvolvimento da cultura, que coincide com o período do 6º ao 7º mês. Rosenfeld et al. (1984) concluíram que a ocorrência de déficit hídrico que proporciona maiores diminuições nas produtividades de cana planta, se dá no período de máximo desenvolvimento e, na cana soca, no estágio inicial de crescimento.

### **3.3 SISTEMAS CONSORCIADOS**

A principal razão para a utilização dos sistemas consorciados é a de que permitem aumento na eficiência de uso dos recursos ambientais (PARK et al., 2002). Como consequência, há um aumento na produtividade biológica total por unidade de área de terra e na sustentabilidade. Recentemente, o interesse em sistemas de cultivo com associações de culturas envolvendo diversas culturas tem recebido por parte dos pesquisadores. O Brasil, pela sua extensão territorial e condições climáticas propícias, é considerado um país privilegiado para a exploração de biomassa para fins alimentícios químicos e energéticos. No campo das oleaginosas, matéria-prima potencial para a produção de biodiesel, as vocações são bastante diversificadas e as principais culturas são a soja, no Centro-Sul e Centro-Oeste, o babaçu e o dendê, na Região Amazônica e a mamona, na região Semi-Árida do Nordeste e Norte de Minas Gerais (FREITAS; PENTEADO, 2006).

Dentre elas, a cultura da mamona é vista como a melhor alternativa, pois apresenta boa adaptação às condições de clima e de solo do Semi-Árido nordestino; e existe disponibilidade de cultivares desenvolvidas pela Embrapa Algodão, com potencial produtivo superior a 2.500 kg/ha de grãos, seu cultivo presta-se à agricultura familiar - podendo gerar emprego e renda aos agricultores - e a torta resultante da extração do óleo pode ser utilizada como adubo na fruticultura, na horticultura e na floricultura, atividades importantes e crescentes nos perímetros irrigados nordestinos. Tais condições sugerem que a magnitude do mercado energético interno poderá constituir a sustentação de um considerável programa de assentamentos familiares com ênfase na cultura da mamona (FREITAS; PENTEADO, 2006).

A Embrapa Algodão dispõe de um programa de melhoramento de mamoneira e de sistemas de produção direcionados para essa região. Milani et al. (2006) reportam a existência de genótipos com produtividades superiores a 3.000 kg/ha de semente de mamona no estado da Bahia.

Acredita-se que, ao cultivar espécies com diferença quanto ao ciclo, ao porte, com sistema radicular distintos que explorem diferentes perfis de solo e com necessidades nutricionais específicas, em consórcio, o produtor poderá assegurar maior estabilidade de produção, melhor uso dos recursos naturais, melhor controle de pragas e doenças, além de aspectos como otimização do uso de mão-de-obra, controle de erosão, diversificação de matéria-prima para alimentação da família e do rebanho e melhor eficiência no uso da terra (ALTIERI, 1986).

Investigando o efeito de diferentes sistemas de consórcio, Sharma e Kulhari (2005) reportam que, na Índia, o sistema mamona+feijão-guar (*Cyamopsis tetragonoloba*L. Toub.) e mamona+grão-de-bico (*Vignamungo*L.) registraram os mais elevados rendimentos equivalentes de mamona, os mais elevados índices de uso de eficiência da terra (UET) e os mais elevados retornos monetários dos sistemas estudados. Trabalhando com espécies de hortaliças, Veeranna et al. (2005) reportam que a mamona consorciada com cenoura proporcionou o mais elevado rendimento de cenoura (1700 kg/ha), sendo o mais elevado rendimento equivalente de mamona (2.517 kg ha<sup>-1</sup>) e a mais elevada taxa de retorno (R\$ 1,61 ha<sup>-1</sup>). Eles constataram, também, que a mamona+lابلاب (*Lablab purpureus* L.) foi o sistema com o mais elevado rendimento de mamona (1.600 kg ha<sup>-1</sup>), maior número de bagas/cacho (32) e maior número de cachos por planta, muito embora os valores obtidos nas variáveis mencionadas desta oleaginosa não tenham excedido as do sistema mamoneira isolada.

Vários indicadores agronômicos tem sido usado na avaliação dos sistemas consorciados. Beltrão et al. (1984) recomendam avaliar as relações entre o consorcio e o monocultivo através de indicadores agronômicos; dentre os agronômicos, o índice de uso eficiente da terra (UET) e o coeficiente relativo populacional (K).

O índice de UET, como definiu Willey (1979), é a área de terra sob condições de plantio isolado que é requerida para proporcionar os rendimentos alcançados no consorcio; é um indicador que fornece apenas as dimensões físicas do sistema. O coeficiente relativo populacional (K) é um indicador agronômico mais relacionado com as relações competitivas interespecíficas que se estabelecem no agrossistema consorciado, sendo que determinada espécie apresenta em um ambiente um coeficiente relativo populacional menor, igual ou maior que a unidade, isto significa que ela produz menos, igual ou mais que a produção esperada (BELTRÃO 1974). A produção esperada é aquela seria obtida se cada espécie fosse submetida ao mesmo grau de competição, tanto em mistura como em cultivo isolado, isto é, se a competição interespecífica fosse igual a competição intraespecífica.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

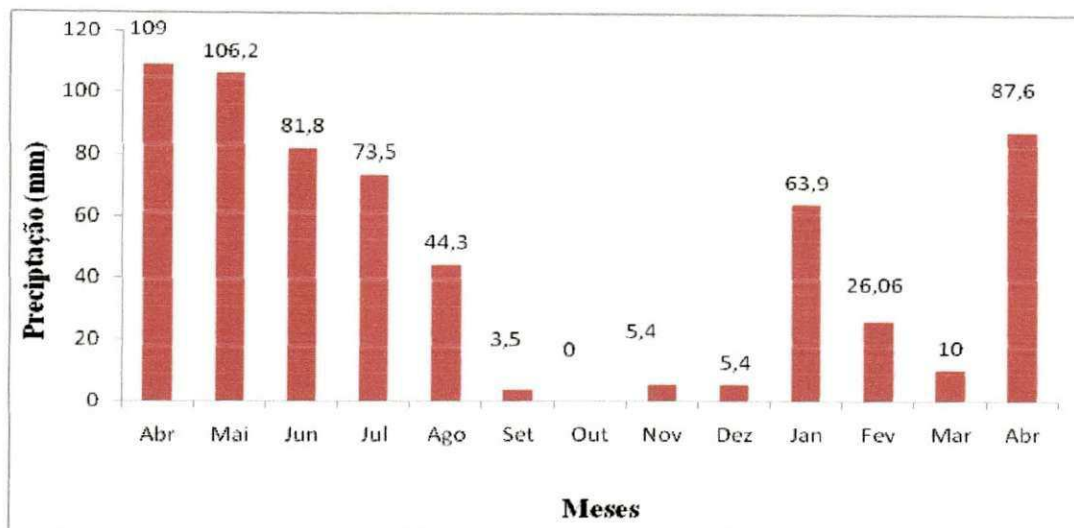
### 4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO, CLIMA E SOLO

O experimento foi conduzido em campo, na área pertencente à fazenda Ponta da Serra situada na cidade de Queimadas, PB, localizada pelas coordenadas geográficas: 7° 22' 00" de latitude sul, 36° 00' 06" de longitude oeste. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo As', quente e úmido, altitude média de 482 m, com precipitação média anual de 600 mm, temperatura máxima de 30 °C, mínima de 24 °C e umidade relativa do ar de 65%. Na Figura 2 encontram-se a precipitação ao longo do tempo de realização do experimento.

O solo da área experimental foi caracterizado como eutrófico segundo a nova classificação apresentada pela EMBRAPA (1999), possui textura média, franco-argilo-arenosa (FAA) (Tabela 2). A análise química do solo é apresentada na Tabela 3. As amostras foram analisadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), seguindo-se a metodologia apresentada pela EMBRAPA (1999).

**Tabela 2:** Análise físico-hídrica do solo da área experimental. Fazenda Ponta da Serra. Queimadas, PB. 2010

Características físicas do solo	Valor
Granulometria (g.kg <sup>-1</sup> )	
Areia	64,24
Silte	30,67
Argila	5,09
Classificação textural	FrancoArenoso
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	
Aparente	1,52
Real	2,83
Porosidade total (%)	46,29
Capacidade de campo (%) (-0,33 atm)	4,37
Ponto de murcha permanente (%) (-15 atm)	2,92
Água disponível (%)	1,45



**Figura 2:** Precipitação pluviométrica na área experimental. Fazenda Ponta da Serra. Queimadas, PB. 2009/2010

**Tabela 3:** Análise química do solo da área experimental. Fazenda Ponta da Serra. Queimadas, PB. 2010

Características químicas do solo	Valor
Cálcio (meq/100g de solo)	3,22
Magnésio (meq/100g de solo)	3,39
Sódio (meq/100g de solo)	0,15
Potássio (meq/100g de solo)	0,60
Soma de bases (meq/100g de solo)	7,36
Hidrogênio (meq/100g de solo)	0,66
Alumínio (meq/100g de solo)	0,00
CTC (meq/100g de solo)	8,02
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausência
Carbono Orgânico (g.kg <sup>-1</sup> )	0,86
Matéria Orgânica (g.kg <sup>-1</sup> )	1,48
Nitrogênio (%)	0,08
Fósforo Assimilável (mg/100g)	2,10
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	5,65
CE (mmhos/cm)	0,21



## **4.2 VARIEDADES E PLANTIO**

### **4.2.1. Cana-de-açúcar**

Utilizou-se variedade SP 791011 (*Ricinus communis*), o espaçamento utilizado foi 1,00 m entre as fileiras, prevendo-se trabalhar com uma densidade de 16 gemas por metro linear.

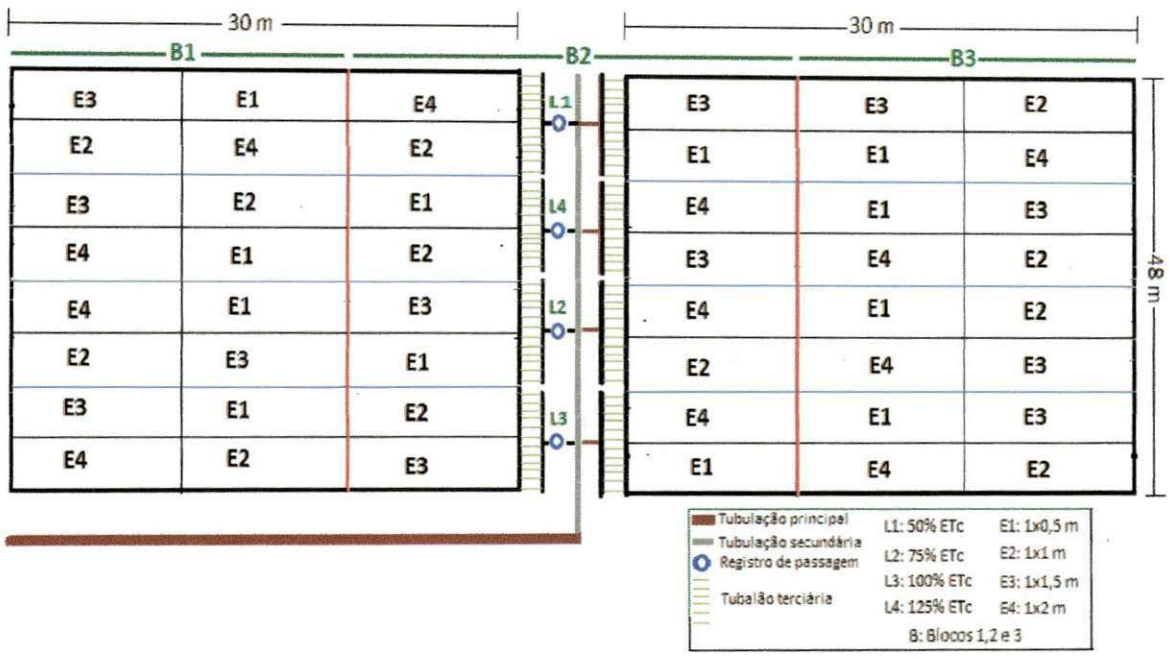
### **4.2.2. Mamona**

A espécie utilizada foi mamona a cultivar BRS Energia (*Saccharum officinarum*) considerada precoce, com ciclo médio de 120 dias e porte baixo apresentando altura de 1,4 m que tem mostrado adaptação a diferentes ecossistemas em que ocorram precipitações pluviais adequadas ao desenvolvimento e crescimento da planta (pelo menos 500 mm). O plantio da mamona de acordo com o espaçamento realizou-se dentro de cada parcela logo após o primeiro corte da cana-de-açúcar.

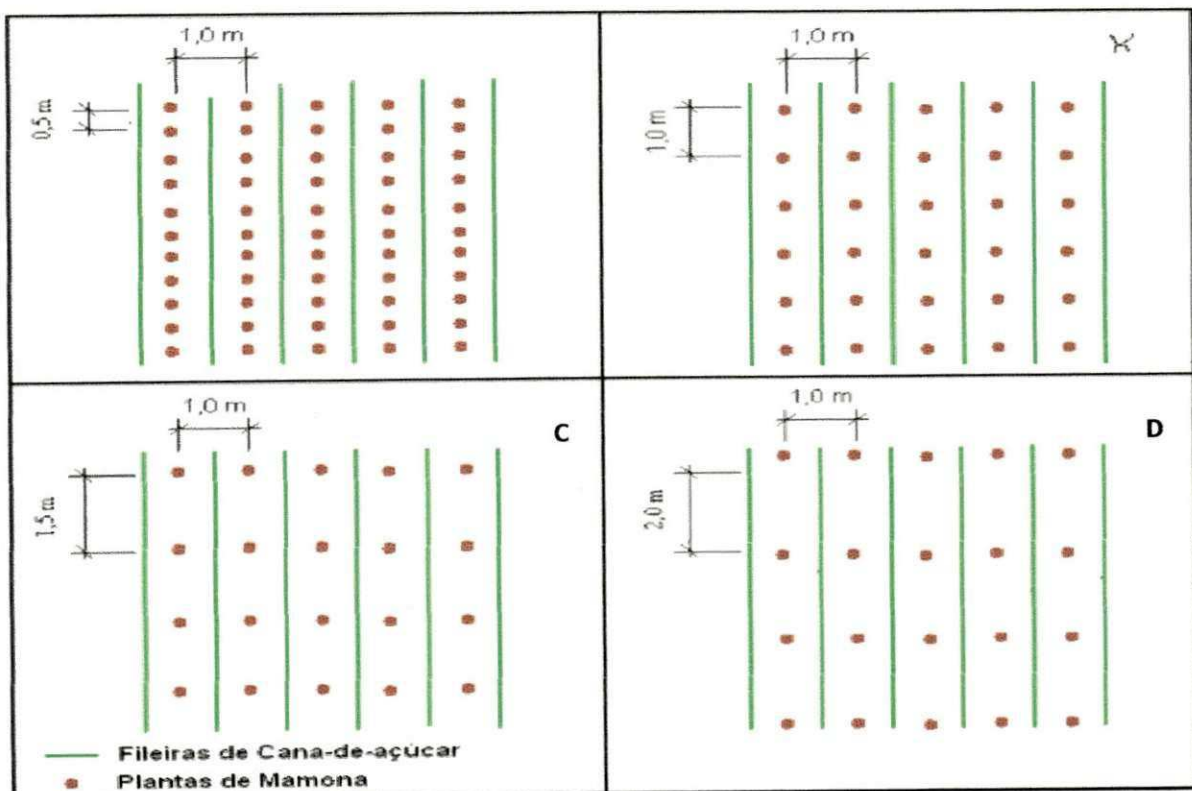
## **4.3 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL**

Os tratamentos resultaram da combinação de quatro lâminas de irrigação referentes à reposição de água de 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração da cultura, com quatro espaçamentos de mamona correspondentes a (1 x 0,5 m), (1 x 1 m), (1 x 1,5 m) e (1 x 2 m) (Figura 1), o que refletiu em 20000, 10000, 6666 e 5000 plantas por hectare, respectivamente.

A área total do experimento foi de 2880 m<sup>2</sup>, subdividida em quatro setores de irrigação, cada um com doze parcelas de espaçamentos da mamona (Figura 3). O experimento contou com uma área vizinha, para a implantação do tratamento da mamona e da cana-de-açúcar isolada, onde em cada lâmina de irrigação foi implantada uma parcela de mamona no espaçamento 1 x 1 e uma de cana-de-açúcar em sistema isolado (sem consorciação). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as lâminas de irrigação distribuídas em faixas e os espaçamentos de mamona compondo as subparcelas. A parcela experimental consistiu de 6 fileiras de cana-de-açúcar com 10 m de comprimento, espaçadas 1 m, intercaladas com mamona totalizando 60 m<sup>2</sup> (Figura 4). A área útil da parcela considerada para coleta dos dados, foi composta de 4 fileiras centrais com 8 m lineares (deixando-se 1 m em cada extremidade da fileira, como bordadura), totalizando 32 m<sup>2</sup> (Figura 4).



**Figura 3:** Croqui da área experimental com as lâminas de irrigação distribuídas em faixas e os espaçamentos de mamona compondo as subparcelas. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas-PB, 2010.



**Figura 4:** Espaçamentos de mamona intercalados nas fileiras de cana-de-açúcar. 1 x 0,5 (A); 1 x 1 (B); 1 x 1,5 (C) e 1 x 2 m (D).

#### 4.4 IRRIGAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Realizou-se a caracterização química da água de irrigação no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Na Tabela 3 estão expressos os resultados da análise da qualidade de água, de acordo com Richards (1954); numa avaliação qualitativa a água foi classificada como C4, de altíssimo risco de salinização, não podendo ser usada para irrigação sob condições normais. Os solos devem ser permeáveis, a drenagem adequada, devendo ser aplicado água em excesso para se obter uma boa lixiviação de sais e, mesmo assim devem ser explorados com culturas altamente tolerantes ao sais.

**Tabela 4:** Análise química da água de irrigação utilizada na área experimental, Fazenda Ponta da Serra, Queimadas-PB, 2010

Determinações	Características químicas da água	Valor
pH		6,75
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )		2,26
Cálcio ( $\text{meq L}^{-1}$ )		3,27
Magnésio ( $\text{meq L}^{-1}$ )		5,29
Sódio ( $\text{meq L}^{-1}$ )		11,94
Potássio ( $\text{meq L}^{-1}$ )		0,51
Cloretos ( $\text{meq L}^{-1}$ )		0,00
Sulfatos ( $\text{meq L}^{-1}$ )		5,38
Bicarbonatos ( $\text{meq L}^{-1}$ )		14,47
Carbonatos ( $\text{meq L}^{-1}$ )		Ausência
Relação de adsorção de sódio – RAS ( $\text{mmol L}^{-1}$ ) <sup>1/2</sup>		5,77
Classe da água		C4S2

##### 4.4.1 Equipamentos de irrigação

A água utilizada na irrigação foi procedente do riacho de Bodocongó, pertencente à bacia hidrográfica do rio Paraíba. A pressão de saída na bomba era mantida em 54 mca e aduzido por um conjunto motobomba de 7 cv, passando por uma linha adutora de 600m de PVC de 75 mm, até chegar ao cabeçal de controle onde foi filtrada por um filtro de disco 130 micron ambos com uma vazão de  $10 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Após cada filtro de tela existia um manômetro analógico para controle da pressão. A tubulação secundária, com diâmetro nominal de 50 mm e 60 m de comprimento com saídas para cada lâmina, totalizando cinco unidades conectadas à tubulação principal de

adução de água por registros de globo de acionamento rápido, o qual regulava a entrada de água para o abastecimento das linhas laterais de irrigação, em cada faixa de irrigação. O sistema de irrigação adotado foi localizado do tipo “xique-xique”, cuja vazão média de cada furo foi de 8 L.h<sup>-1</sup>. As linhas laterais foram de polietileno com diâmetro nominal de 16 mm, dispostas em cada fileira de planta, ou seja, adotou-se a distância de 1,0 m entre laterais

#### 4.4.2 Manejo de irrigação

Para a realização da irrigação no experimento no segundo ano, onde ocorreu a implantação da mamona utilizou-se os critérios utilizados na cana-de-açúcar do ano anterior referente ao primeiro ciclo da cultura. As lâminas de irrigação foram determinadas a partir da evapotranspiração (ET<sub>o</sub>), para a estimativa da ET<sub>c</sub>. A determinação da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi feita diariamente, utilizando-se do modelo de Penmann & Monteith (Allen et al., 1998), sendo esta a mais apropriada para a região (Mendonça, 2008):

$$ET = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{med} + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad Eq. 1$$

em que:  $R_n$  o saldo de radiação total diário (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>);  $G$  a densidade de fluxo de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>);  $T_{med}$  a temperatura média diária do ar a 2 m de altura (°C);  $U_2$  a velocidade do vento média diária a 2 m de altura (m s<sup>-1</sup>);  $e_s$  a pressão de saturação do vapor média diária (kPa);  $e_a$  a pressão parcial de vapor média diária (kPa);  $\Delta$  a declividade da curva de pressão de saturação de vapor e  $\gamma$  a constante psicrométrica igual a 0,0633 kPa °C<sup>-1</sup>.

A primeira irrigação foi feita com um único nível em todos os setores, de modo que se tivessem todos os tratamentos na capacidade de campo no início da pesquisa. Somente a partir daí se iniciou a aplicação dos tratamentos de lâmina de água, com um turno de irrigação a cada sete dias. A evapotranspiração da cultura foi calculada da seguinte maneira:  $ET_c = ET_o \cdot K_c$ . Foram utilizados valores de coeficiente de cultura ( $K_c$ ), recomendados por Doorenbos & Kassam (1994), para os diferentes estádios de desenvolvimento, visando-se determinar a evapotranspiração da cultura em cada um deles (Tabela 5).

Tabela 5. Coeficientes de cultura (Kc) para a cultura da cana-de-açúcar em diferentes estádios de desenvolvimento

Cobertura Vegetal (%)	Duração do período (dias)	Kc
0 a 0,25	0 – 30	0,40
	30 – 45	0,50
	45 – 60	0,60
0,25 a 0,50	60 – 80	0,75
	80 – 100	0,85
0,50 a 0,75	100 – 125	0,95
0,75 a 100	125 – 180	1,10
Máxima demanda	180 – 270	1,20
	270 – 300	1,30
Início da senescência	300 – 330	1,00
Maturação	330 – 360	0,60

Os níveis de água em forma de volume (mensurada em litros), foram calculados multiplicando-se a E<sub>Tc</sub> referente a cada estágio de desenvolvimento da cana-de-açúcar, por 0,5; 0,75; 1,0 e 1,25, obtendo-se as lâminas L1, L2, L3 e L4 (mm dia<sup>-1</sup> ou 1,0 Lm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>) referentes à reposição de 50, 75, 100 e 125 %, da evapotranspiração da cultura; em seguida, os valores das lâminas L1, L2, L3 e L4 foram multiplicados pela área de 12 parcelas (Sparcela = 60 m<sup>2</sup>) o que corresponde a cada lâmina, obtendo-se o volume requerido para suprimento dos níveis de reposição diária de água, anteriormente apresentados. Sabendo que a vazão dos gotejadores utilizados era de 8 L h<sup>-1</sup> e tendo o volume, em litros necessário para o suprimento das lâminas de irrigação em estudo, dividiu-se o volume requerido pela vazão do gotejador obtendo-se, então, o tempo de funcionamento do sistema.

Na Tabela 6 são apresentadas as lâminas de irrigação aplicadas ao longo do ano de cultivo e as respectivas precipitações efetivas. A precipitação efetiva para os tratamentos foi diferente e aumentou conforme a lâmina testada.

Tabela 6: Lâmina de água de irrigação, precipitação e lâmina total aplicada à cultura. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas, PB, 2010

Tratamento	Precipitação	Lâmina de irrigação	Água total
50% da ETc		360,00	730,00
75% da ETc		540,00	823,66
100% da ETc	616,66	720,00	948,16
125% da ETc		900,00	1060,33

#### 4.6 TRATOS CULTURAIS

Ao longo da condução da pesquisa (2009/2010), foram realizados os tratos culturais. A adubação de fundação consistiu de 90 Kg ha<sup>-1</sup> de N, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> simples e 60 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, utilizando como fontes desses nutrientes uréia (46% N), Super fosfato simples (22% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio de potássio (60% K<sub>2</sub>O). Realizou-se capinas manuais em intervalos de 60 dias após o plantio da mamona. A colheita da mamona foi realizada aos 122 dias após o plantio e a cana-de-açúcar foi colhida aos 365 dias após o primeiro corte.

#### 4.6 VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO ANALISADAS

##### 4.6.1 Altura da planta

A altura das plantas de mamona foi mensurado da superfície do solo até a altura do último cacho, com o auxílio de régua graduada.

##### 4.6.2 Diâmetro do caule

A medição do diâmetro do caule da mamona (DC) foi realizada com um paquímetro analógico, cujas leituras foram efetuadas na região do colo de cada planta, próximo ao nível do solo

##### 4.6.3 Área foliar

Após determinação das dimensões lineares da mamona (comprimento e largura) de cada folha, a área foliar (AF) foi calculada através da equação  $S = 0,1515 \times (C + L)^2$  descrita e utilizada por Severino et al (2005). A Área Foliar por planta foi calculada somando-se as áreas de todas as folhas da planta.

#### 4.6.4 Massa seca da parte aérea

Após coleta as plantas da mamona foram levadas ao laboratório, onde foram, condicionados os colmos e as folhas em sacos de papel para secagem em estufa a 65°C, visando-se à determinação da matéria seca de cada amostra.

#### 4.6.5 Massa seca da raiz

Após coleta as plantas da mamona foram levadas ao laboratório, onde foram, condicionados as raízes em sacos de papel para secagem em estufa a 65°C, visando-se à determinação da matéria seca de cada amostra.

### 4.7 RENDIMENTOS E INDICADORES AGRONÔMICOS

Foi considerada a produção de sementes e colmos obtida na área útil para avaliar os efeitos dos tratamentos. Os dados obtidos na parcela útil foram transformados em Kg há<sup>-1</sup>, e em função destes calcularam-se os indicadores agronômicos, segundo Beltrão et al (1984), tais como o uso eficiente da terra (UET) e coeficiente relativo populacional (K).

#### 4.7.1 Uso eficiente da terra (UET)

O índice uso eficiente da terra (UET) foi calculado através da seguinte fórmula:

$$UET \text{ (uso eficiente da terra)} = (Yab/Yaa + Yba/Ybb) \quad Eq. 2$$

Onde:

Yab = rendimento da mamona em consórcio com a cana-de-açúcar;

Yaa = rendimento da mamona isolada;

Yba = rendimento da cana-de-açúcar em consórcio com a mamona;

Ybb = rendimento da cana-de-açúcar isolada.

#### 4.7.2 Coeficiente relativo populacional (K)

O coeficiente relativo populacional (K) segundo foi calculado através da seguinte expressão:

$$Kab = Yab \times Zba / (Yaa - Yab) \times Zab \quad Eq. 3$$

Onde:

Kab = Efeito da mamona em consórcio com cana-de-açúcar;

Yab = rendimento da mamona em consórcio com a cana-de-açúcar;

Zba = Proporção de plantio da cana-de-açúcar em mistura com a mamona

Yaa = rendimento da mamona isolada;

Zab = Proporção de plantio da mamona em mistura com a cana-de-açúcar

Do mesmo modo, estima-se Kba, o efeito da cana-de-açúcar sobre a mamona

#### **4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Para as variáveis de crescimento realizou-se a análise de regressão polinomial e desdobramentos onde a interação foi significativa utilizando programa computacional ASSISTAT versão 7.6 beta. De posse dos dados de produção, submeteu-se a análise de variância individual para cada cultura, e com os valores dos índices agronômicos efetuou-se a análise de variância. A comparação de médias de tratamentos foi feita pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando a Tabela 7, verificou-se que ocorreram efeitos significativos em virtude da aplicação das lâminas de água e espaçamentos sobre as plantas de mamona e cana-de-açúcar. Constatou-se para o fator lâminas de irrigação efeito linear apenas para a variável área foliar; entretanto ocorreu efeito quadrático para as variáveis massa seca da parte aérea e da raiz, além da produtividade da mamona e da cana-de-açúcar.

De forma diferente ao que ocorreu no primeiro fator (lâminas de irrigação), observou-se que em relação aos espaçamentos da mamona ocorreu efeito quadrático significativo para a variável altura da planta e efeito linear para a variável diâmetro do caule; entretanto não ocorreu efeito significativo para a área foliar. Para a variável massa seca da parte aérea observou-se que houve efeito quadrático significativo em função das lâminas de irrigação e efeito linear em função dos espaçamentos. Com relação a massa seca da raiz pode-se observar as lâminas de irrigação influenciaram significativamente de forma quadrática a 1% de probabilidade.

Observa-se que não ocorreu efeito significativo para interação entre e as lâminas de irrigação e os espaçamentos para as variáveis de crescimento estudadas, tais como altura da planta, diâmetro do caule, área foliar e massa seca da parte aérea e da raiz a 1% e 5% de probabilidade.

**Tabela 7.** Resumos das análises de variância da altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), da mamona submetida a diferentes lâminas de irrigação e espaçamentos. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas. PB. 2010

Fontes de Variação	GL	AP (cm)	DC (mm)	AF (cm <sup>2</sup> )	MSPA (g)	MSR (g)
Ef. Linear	1	13,53	2,65	86407728**	0,15	27,17
Ef. Quadrático	1	9,18	2,33	53564466	342,93*	31,49*
Ef. Cúbico	1	1349	3,53	11985446	0,73	2,83
Resíduo a		487,20	3,09	8261,35	342,95	27,17
<b>Espaçamentos (E)</b>						
Ef. Linear	1	127,65	12,07*	82616230	63,34**	2,44
Ef. Quadrático	1	6092,57**	4,07	53455588	23,66	0,009
Ef. Cúbico	1	362,6	2,69	11262472	7,03	1,65
Resíduo b		392,54	4,03	8640,17	63,34	2,77
<b>Interação (LxE)</b>		1436,83	6,26	51290073	40,30	3,01
Média Geral		84,31	10,45	1810,45	58,60	8,51
CV (%)		26,17	16,82	39,45	17,55	30,23

**Tabela 8:** Valores médios das variáveis altura da planta (AP), área foliar (AF), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e da produtividade da cana-de-açúcar SP 791011, submetida em diferentes lâminas de água e doses de silício. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas. PB. 2010

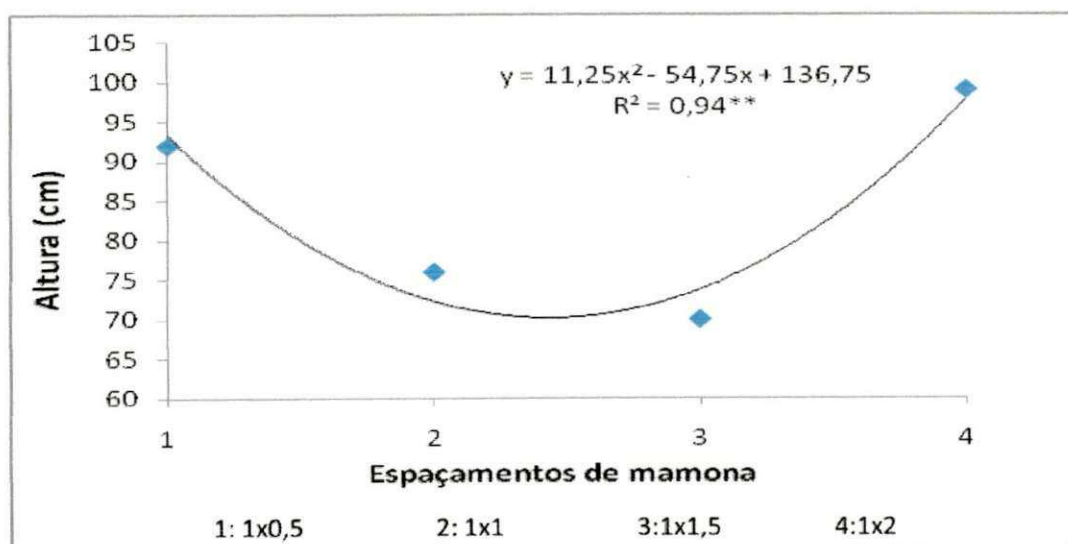
Fatores	AP (cm)	DC (mm)	AF (cm <sup>2</sup> )	MSPA (g)	MSR (g)
<b>Lâminas de irrigação (% ETC)</b>					
50	81	10,67	4485,35	55,80	8,61
75	90	9,50	3683,68	61,46	9,45
100	77	10,39	3100,25	61,08	8,66
125	87	11,24	2843,45	55,9	6,8
<b>Média Geral</b>	<b>83,75</b>	<b>10,45</b>	<b>3528,17</b>	<b>58,59</b>	<b>8,38</b>
<b>Espaçamentos (m)</b>					
1x0,5	92	9,79	3325,29	57,59	8,28
1x1	76	11,15	3652,85	60,15	8,18
1x1,5	70	11,45	2985,14	62,54	8,83
1x2	99	13,1	2365,25	63,8	8,7
<b>Média Geral</b>	<b>84,25</b>	<b>11,37</b>	<b>3082,13</b>	<b>61,02</b>	<b>8,49</b>

## 5.1 VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO

### 5.1.1 Altura da planta

Os valores dos quadrados médios da análise de regressão para altura da planta encontram-se na Tabela 7. Observa-se que ocorreu diferença significativa apenas para o fator espaçamentos, onde de acordo com a análise de regressão o modelo que melhor se ajustou os dados desta variável foi o polinomial quadrático ( $p \leq 0,01$ ) descrito pela equação  $y = 11,25x^2 - 54,74x + 136,75$  com coeficiente de correlação  $R^2$  de 0,94. Observa-se ainda não significância para a regressão polinomial linear e cúbica.

Na Figura 5, está o estudo de regressão com significância a 1% de probabilidade, para a altura da planta da mamona, aos 100 dias após plantio, em função do espaçamento utilizado. De acordo com a Figura 1 pode-se observar que aos 100 dias após o plantio a maior altura de 99,00 cm foi obtida com a utilização do espaçamento 4, correspondente a 1 x 2 m. Com a utilização do espaçamento 1 (1 x 0,5 m) obteve-se um valor médio para altura de 92,00 cm, mas a partir da utilização dos espaçamentos 2 e 3 ocorreu uma redução nos valores médios chegando a atingir valores de 76 e 70 cm; o que correspondeu a uma redução de 13,3% e 19,19%, respectivamente; em relação ao maior valor médio obtido no espaçamento 4.



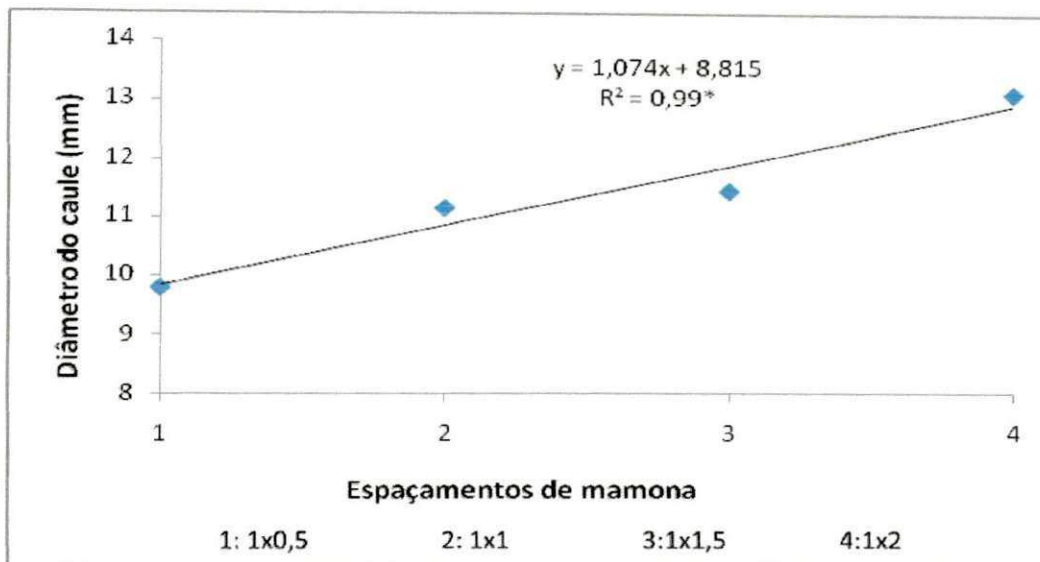
**Figura 5:** Regressão da altura da planta (cm) em função dos espaçamentos de mamona utilizados. Fazenda Ponta da serra, Queimadas-PB, 2010

Severino et al. (2006) avaliando o crescimento na cultivar BRS Energia verificou que a altura das plantas não foi influenciada pelo espaçamento entre linhas, mas a altura de inserção do primeiro racemo sofreu influência e foi maior no espaçamento mais estreito (2m), possivelmente devido a um leve estiolamento provocado pela competição por luz. O diâmetro do caule foi maior nas plantas espaçadas de 3,50m, as quais possuíam maior espaço para crescimento vegetativo.

### **5.1.2 Diâmetro do caule**

Na tabela 7 estão apresentados os valores dos quadrados médios da análise de regressão para a variável diâmetro do caule. Observa-se que ocorreu diferença significativa a 5% de probabilidade para o fator espaçamentos, sendo o modelo que se ajustou aos dados foi o linear descrito pela equação  $y = 1074x + 8,815$  com coeficiente de correlação  $R^2$  de 0,99. As lâminas de irrigação não refletiram em efeitos significativos nas médias do diâmetro do caule, assim como a interação das lâminas de irrigação com os espaçamentos de mamona (Tabela x)

Na Figura 6 se encontra o modelo de regressão com probabilidade de 5%, que melhor descreve o comportamento do diâmetro do caule aos 100 dias após o plantio, em função do espaçamento da mamona utilizado. Pelos resultados obtidos verifica-se que o diâmetro do caule aumentou linearmente com o aumento do espaçamento da mamona. O maior espaçamento utilizado proporcionou o maior valor médio para o diâmetro do caule que foi de 13,1 mm; enquanto que para os espaçamentos 1 (1x0,5 m), 2 (1x1 m) e 3 (1x1,5 m) os valores médios obtidos foram 9,79; 11,15 e 11,45 cm o que correspondeu a uma redução de 25,26%, 14,88% e 12,59%, respectivamente em relação ao maior valor obtido no espaçamento 4. Severino et al (2006) estudando o diâmetro do caule verificou que os maiores valores médios nas plantas espaçadas de 3,50m, as quais possuíam maior espaço para crescimento vegetativo.

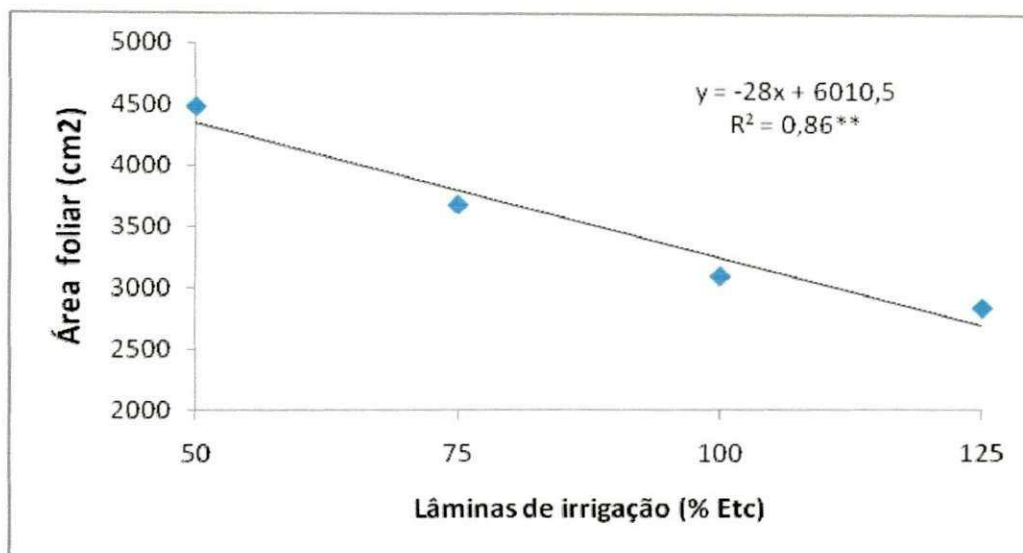


**Figura 6:** Regressão do diâmetro do caule (mm) em função dos espaçamentos de mamona utilizados. Fazenda Ponta da serra, Queimadas-PB, 2010

### 5.1.3 Área foliar

O resumo dos quadrados médios da análise de regressão para a variável área foliar pode ser observado na Tabela 7. Observa-se que apenas para o fator lâminas de irrigação ocorreu diferença significativa a 5% de probabilidade para a área foliar, onde o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o linear descrito pela equação  $y = -28x + 6010,5$  com coeficiente de determinação  $R^2$  de 0,86. Observa-se que não ocorreu efeito quadrático e efeito cúbico para o fator lâminas de irrigação.

Na figura 7 encontra-se o modelo de regressão que melhor descreve o comportamento da área foliar da mamona aos 100 dias após o plantio, em função da quantidade de água aplicada. Pelos resultados obtidos verifica-se que a área foliar decresceu linearmente com o aumento da lâmina de água aplicada. A menor lâmina aplicada proporcionou o maior valor médio para a área foliar que foi de 4485,35 cm<sup>2</sup>; enquanto que para as lâminas correspondentes a 75, 100 e 125 % ETc os valores médios obtidos foram 3683,65; 3100,25 e 2843,45 cm<sup>2</sup> o que correspondeu a uma redução de 17,87%, 30,88% e 36,60%, respectivamente em relação ao maior valor obtido na lâmina correspondente a 50 % ETc.



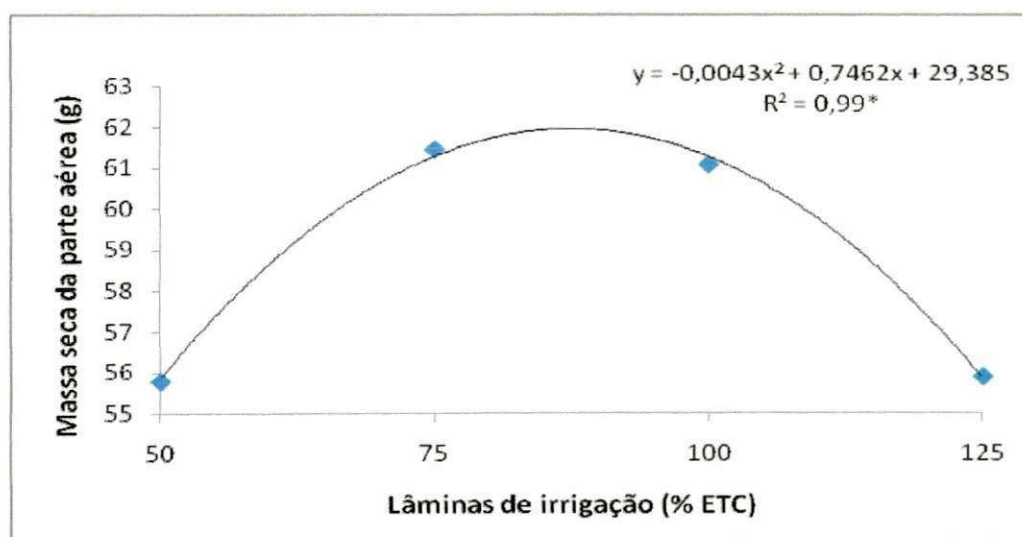
**Figura 7:** Regressão da área foliar (cm<sup>2</sup>) em função das lâminas de irrigação aplicadas. Fazenda Ponta da serra, Queimadas-PB, 2010

A redução do crescimento em plantas sob déficit hídrico pode ser decorrente das alterações morfológicas e redução na área foliar, ocasionadas pela diminuição na disponibilidade de água (TAIZ & ZEIGER, 2004). Rosa (2007) avaliando as respostas fisiológicas de *Ricinus communis* à redução na disponibilidade de água no solo, relatam que a deficiência hídrica afeta a performance vegetal através de efeitos sobre o crescimento e a fotossíntese. Em condições de estresse hídrico, observou-se redução do crescimento e da área foliar total nas plantas de mamona.

#### 5.1.4 Massa seca da parte aérea

O resumo dos quadrados médios obtidos a partir da análise de regressão para a variável massa seca da raiz pode ser observado na Tabela 7. Observou-se efeito significativo para a massa seca da parte aérea para os dois fatores estudados. Para os fatores lâminas de irrigação e espaçamentos observou-se efeito quadrático e linear a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. O modelo que melhor se ajustou aos dados para o fator lâminas de irrigação foi descrito pela equação  $y = -0,0043x^2 + 0,7462x + 29,38$  com coeficiente de determinação  $R^2$  de 0,99; enquanto para o fator espaçamentos o modelo que melhor se ajustou aos dados foi descrito pela equação  $y = 2,169x + 55,76$  com coeficiente de determinação  $R^2$  de 0,94. Observou-se ainda a não significância para os efeitos linear e cúbico em ambos os fatores.

Na Figura 8 pode-se encontrar o modelo de regressão que melhor descreve o comportamento das médias da massa seca da parte aérea aos 100 dias após o plantio em função das lâminas de irrigação aplicadas. A partir da aplicação da lâmina correspondente a 50% ETc ocorreu um incremento nas médias da massa seca da parte aérea até atingir as lâminas de 75 e 100% ETc, onde ocorreu uma redução com a aplicação da lâmina correspondente a 125% ETc. O maior valor médio (61,46) foi obtido na lâmina de 75% ETc, sendo 8,59% maior em relação ao menor valor (55,8) encontrado na lâmina correspondente a 50% ETc.

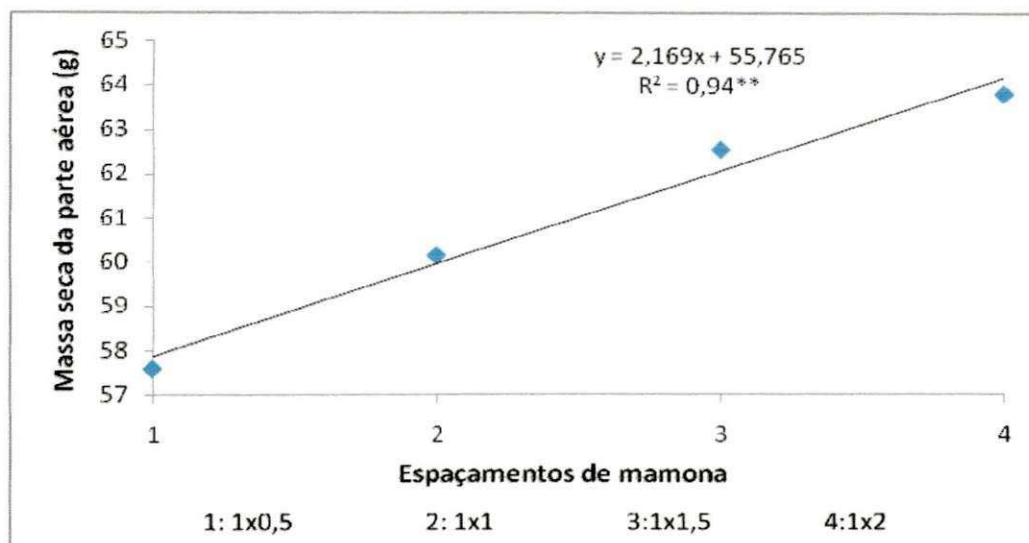


**Figura 8:** Regressão massa seca da parte aérea (g) em função das lâminas de irrigação aplicadas. Fazenda Ponta da serra, Queimadas-PB, 2010

Segundo vários autores, a falta de água no solo pode acarretar diminuição na taxa de fotossíntese líquida e por conseqüência, na produção de carboidratos, o que pode ter acarretado diminuição no acúmulo de matéria seca das plantas avaliadas quando submetidas a baixos níveis de água disponível no solo. Fato também verificado em outras culturas como gergelim e algodão herbáceo (BELTRÃO et al.,2000).

Na Figura 9 pode-se encontrar o modelo de regressão que melhor descreve o comportamento das médias da massa seca da parte aérea aos 100 dias após o plantio em função dos espaçamentos utilizados. Pode-se observar que à medida que aumentou o espaçamento entre plantas ocorreu um incremento nas médias da massa seca da parte aérea. O maior espaçamento utilizado (1x2 m) proporcionou o maior valor médio para o massa seca da parte aérea que foi de 63,8 g; enquanto que para os espaçamentos 1

(1x0,5 m), 2 (1x1 m) e 3 (1x1,5 m) os valores médios obtidos foram 57,59; 60,15 e 62,54 g o que correspondeu a uma redução de 9,73%, 5,72% e 1,97%, respectivamente em relação ao maior valor obtido no espaçamento 4 (1x2 m).



**Figura 9:** Regressão massa seca da parte aérea (g) em função dos espaçamentos de mamona utilizados. Fazenda Ponta da serra, Queimadas-PB, 2010

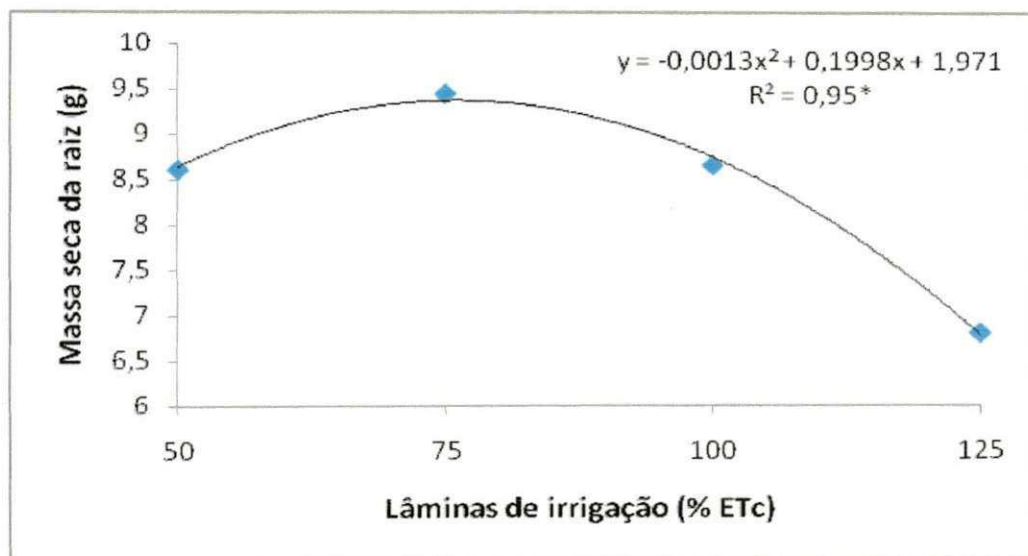
### 5.1.5 Massa seca da raiz

Na tabela 7 estão apresentados os valores dos quadrados médios da análise de regressão para a variável massa seca da raiz. Observa-se efeito significativo quadrático a 5% de probabilidade para o fator lâminas de irrigação, descrito pela equação  $y = -0,0013x^2 + 0,1998x + 1,971$  com coeficiente de determinação  $R^2$  de 0,95. Não ocorreu significância para os efeitos linear e cúbico.

Na Figura 10 pode-se encontrar o modelo de regressão que melhor descreve o comportamento das médias da massa seca da raiz aos 100 dias após o plantio em função das lâminas de irrigação aplicadas. Com a aplicação da lâmina correspondente a 50% ETc ocorreu um acréscimo na massa seca da raiz até a aplicação da lâmina de 75% ETc. A partir da aplicação da lâmina de 100% ETc ocorreu uma redução atingindo o máximo na lâmina correspondente a 125% ETc. O maior valor médio (9,45 g) obtido



foi na lâmina correspondente a 75% ETc, sendo 21% maior em relação ao menor valor (6,8 g) encontrado na lâmina de 125% ETc.



**Figura 10:** Regressão massa seca da raiz (g) em função das lâminas de irrigação aplicadas. Fazenda Ponta da serra, Queimadas-PB, 2010

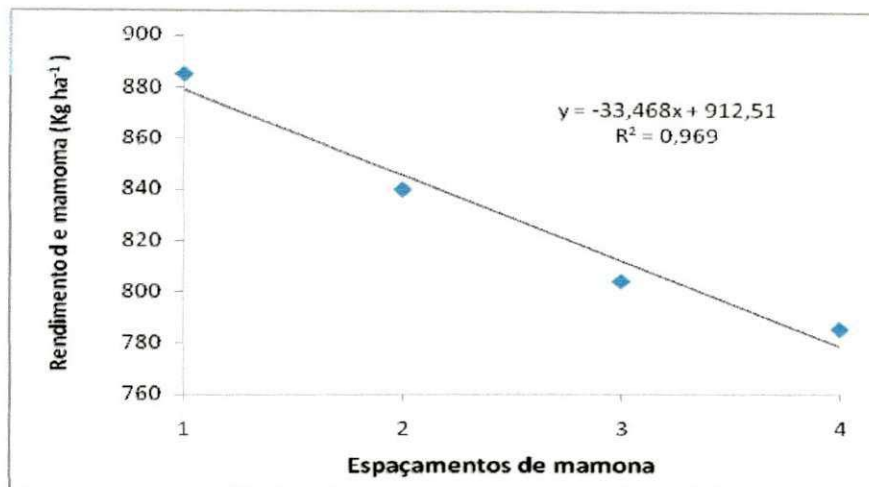
## 5.2 RENDIMENTOS E ÍNDICES AGRONÔMICOS

Na tabela 9 encontra-se o resumo das análises de variância das variáveis rendimento da mamona e rendimento da cana-de-açúcar.

**Tabela 9:** Resumo da análise de variância (quadrados médios) e valores médios das variáveis rendimento da mamona ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) e rendimento da cana-de-açúcar ( $\text{ton ha}^{-1}$ ).

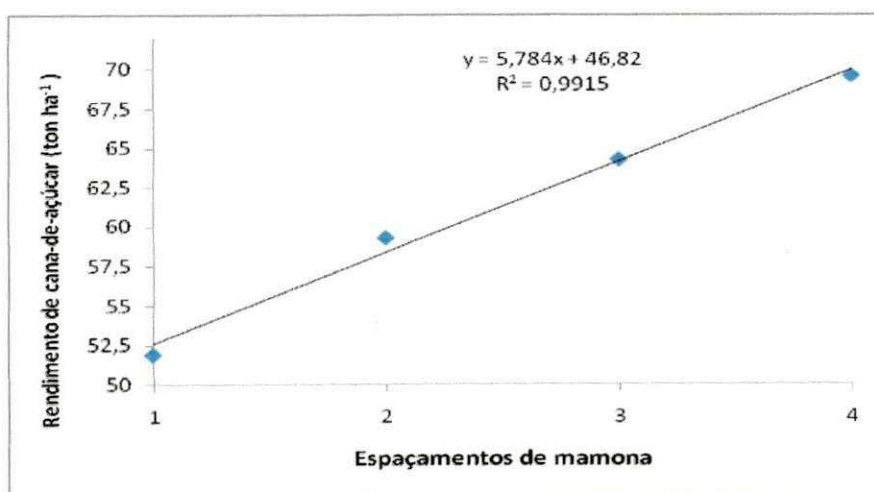
Fonte de variação	GL	Rendimento	
		Mamoma ( $\text{Kg ha}^{-1}$ )	Cana-de-açúcar ( $\text{ton ha}^{-1}$ )
Blocos			
Lâmina (L)		71848,07	1017,20
Resíduo a		52365,25	235,24
Espaçamento (E)		25087,46	97,29
L x E		34580,27	350,75
Resíduo b		14330,33	527,55
CV (%)		14,21	25,52
		Valores médios	
<b>Espaçamento (E)</b>			
1x0,5 m		885,26	51,95
1x1 m		840,16	59,31
1x1,5 m		804,25	64,29
1x2 m		785,86	69,57

O rendimento de mamona decresceu linearmente com a redução de sua própria população (Figura 11). A resposta do rendimento de mamona a populações crescentes de mamoneira, não apresentou natureza parabólica, como era de se esperar. Disto se deduz que o nível populacional ótimo desta cultura deverá estar num patamar superior a 20000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ . Os mais elevados rendimentos obtidos de mamona 885,26 ; 840,16 e 804,25  $\text{kg ha}^{-1}$  (Tabela x1) foram registrados nos menores espaçamentos, onde encontrava-se maior número de plantas. Este resultado corrobora os obtidos por Donald (1963), o qual afirma que plantas submetidas a densidades populacionais crescentes tendem a apresentar aumento de rendimento em decorrência da presença de maior número de plantas por unidade de área. É evidente que esse referido aumento só se verificará até o atingimento do nível populacional ótimo, além do qual haverá redução de rendimento.



**Figura 11:** Regressão do rendimento de mamona em função do espaçamento de mamona. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas-PB, 2010.

O rendimento da cana-de-açúcar cresceu linearmente com a redução do espaçamento de mamona utilizado (Figura 12). Pode-se observar que a medida que ocorria uma redução do número de plantas de mamona aumentava-se o rendimento de mamona em virtude da competição intraespecífica entre as espécies por luz, nutrientes e água. Isso pode ser atribuída à sua menor competitividade com relação a mamona, em que este efeito está relacionado ao mais alto potencial produtivo dessa cultura, ao fato de ocupar posição mais favorável no sistema, com relação à interceptação de luz, e os mais elevados rendimentos para essa espécie devem-se, também, à sua maior habilidade de competição com a outra espécie no consórcio.



**Figura 12:** Regressão do rendimento de cana-de-açúcar em função do espaçamento de mamona. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas-PB, 2010.

Com relação aos índices agrônômicos apresentados na Tabela 10, pode-se observar as diferenças obtidas entre os tratamentos na lâmina correspondente a 50% ETc. Observa-se que todos os sistemas consorciados apresentaram índice de uso da terra maior que a unidade. Ao julgar a eficiência do agroecossistema pelo uso do UET, o tratamento cana-de-açúcar + mamona no espaçamento 1x0,5m seria 33% mais eficiente que o monocultivo da mamona. O consórcio será eficiente quando o IEA for superior a 1,0 e prejudicial à produção quando inferior a 1,0; qualquer valor maior do que 1,0 indica uma vantagem de rendimento para o cultivo consorciado, um resultado chamado sobreprodutividade. Os demais tratamentos de cana-de-açúcar + mamona não diferiu estatisticamente do tratamento de cana-de-açúcar + mamona no espaçamento 1x0,5 m.

Para a variável coeficiente relativo populacional observa-se que o maior valor encontrado para o coeficiente relativo da mamona foi encontrado no tratamento cana-de-açúcar + mamona (1x1m), onde nesse tratamento a mamona produziu 3,72 vezes a mais que o esperado, sendo diferente ao coeficiente relativo populacional da cana-de-açúcar em que o mesmo tratamento proporcionou os menores rendimentos. A produção esperada seria aquela obtida se cada espécie fosse submetida ao mesmo grau de competição, tanto em mistura como em cultivo isolado, isto é, se a competição interespecífica fosse igual a competição intraespecífica.

**Tabela 10:** Comparações entre as médias dos tratamentos considerando o índice de uso eficiente da terra (UET), a agressividade (A) e o coeficiente relativo populacional para a mamona (Km) e para a cana-de-açúcar (Kc) na lâmina correspondente a 50% ETc. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas-PB, 2010.

Tratamentos	Variáveis		
	UET	Km	Kc
Cana-de-acúcar isolada	1	--	--
Mamona isolada	1	--	--
Cana-de-acúcar + Mamona (1x0,5m)	1,33 a	2,64 ab	0,92 a
Cana-de-acúcar + Mamona (1x1m)	1,17 b	3,72 a	1,67 a
Cana-de-acúcar + Mamona (1x1,5m)	1,21 b	1,35 ab	2,61 a
Cana-de-acúcar + Mamona (1x2m)	1,22 b	1,15 b	1,54 a
<b>Média Geral</b>	1,23	2,22	1,68
<b>CV (%)</b>	2,94	3,77	8,33

OBS. Para o UET a análise estatística foi realizada apenas com os tratamentos consorciados.

Em cada coluna médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Com relação aos índices agrônômicos apresentados na Tabela 11, pode-se observar as diferenças obtidas entre os tratamentos na lâmina correspondente a 75% ETc. Observa-se que todos os sistemas consorciados apresentaram índice de uso da terra maior que a unidade. Ao julgar a eficiência do agroecossistema pelo uso do UET, o tratamento cana-de-açúcar + mamona no espaçamento 1x0,5m seria 64% mais eficiente que o monocultivo da mamona. O consórcio será eficiente quando o IEA for superior a 1,0 e prejudicial à produção quando inferior a 1,0; qualquer valor maior do que 1,0 indica uma vantagem de rendimento para o cultivo consorciado, um resultado chamado sobreprodutividade. Os demais tratamentos de cana-de-açúcar + mamona não diferiu estatisticamente do tratamento de cana-de-açúcar + mamona no espaçamento 1x0,5 m.

Para a variável coeficiente relativo populacional observa-se que o maior valor encontrado para o coeficiente relativo da mamona foi encontrado no tratamento cana-de-açúcar + mamona (1x1m), onde nesse tratamento a mamona produziu 4,16 vezes a mais que o esperado, sendo diferente ao coeficiente relativo populacional da cana-de-açúcar em que o mesmo tratamento proporcionou os menores rendimentos. A produção esperada seria aquela obtida se cada espécie fosse submetida ao mesmo grau de competição, tanto em mistura como em cultivo isolado, isto é, se a competição interespecífica fosse igual a competição intraespecífica.

**Tabela 11:** Comparações entre as médias dos tratamentos considerando o índice de uso eficiente da terra (UET), a agressividade (A) e o coeficiente relativo populacional para a mamona (Km) e para a cana-de-açúcar (Kc) na lâmina correspondente a 75% ETc. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas-PB, 2010.

Tratamentos	Variáveis		
	UET	Km	Kc
Cana-de-açúcar isolada	1	--	--
Mamona isolada	1	--	--
Cana-de-açúcar + Mamona (1x0,5m)	1,64 a	4,16 a	0,73 a
Cana-de-açúcar + Mamona (1x1m)	1,22 b	3,81 a	2,35 a
Cana-de-açúcar + Mamona (1x1,5m)	1,13 b	0,99 b	2,45 a
Cana-de-açúcar + Mamona (1x2m)	1,59 a	4,47 a	1,38 a

OBS. Para o UET a análise estatística foi realizada apenas com os tratamentos consorciados.

Em cada coluna médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Observa-se que todos os sistemas consorciados apresentaram índice de uso da terra maior que a unidade. Ao julgar a eficiência do agroecossistema pelo uso do UET, o tratamento cana-de-açúcar + mamona no espaçamento 1x0,5m seria 56% mais eficiente que o monocultivo da mamona. O consórcio será eficiente quando o IEA for superior a 1,0 e prejudicial à produção quando inferior a 1,0; qualquer valor maior do que 1,0 indica uma vantagem de rendimento para o cultivo consorciado, um resultado chamado sobreprodutividade. Os demais tratamentos de cana-de-açúcar + mamona não diferiu estatisticamente do tratamento de cana-de-açúcar + mamona no espaçamento 1x0,5 m.

Para a variável coeficiente relativo populacional observa-se que o maior valor encontrado para o coeficiente relativo da mamona foi encontrado no tratamento cana-de-açúcar + mamona (1x1m), onde nesse tratamento a mamona produziu 3,59 vezes a mais que o esperado, sendo semelhante ao coeficiente relativo populacional da cana-de-açúcar em que o mesmo tratamento proporcionou os melhores rendimentos. A produção esperada seria aquela obtida se cada espécie fosse submetida ao mesmo grau de competição, tanto em mistura como em cultivo isolado, isto é, se a competição interespecífica fosse igual a competição intraespecífica.

**Tabela 12:** Comparações entre as médias dos tratamentos considerando o índice de uso eficiente da terra (UET), a agressividade (A) e o coeficiente relativo populacional para a mamona (Km) e para a cana-de-açúcar (Kc) na lâmina correspondente a 100% ETc. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas-PB, 2010.

Tratamentos	Variáveis		
	UET	Km	Kc
Cana-de-acúcar isolada	1	--	--
Mamona isolada	1	--	--
Cana-de-acúcar + Mamona (1x0,5m)	1,56 a	2,81 ab	0,93 a
Cana-de-acúcar + Mamona (1x1m)	1,19 b	3,59 a	2,46 b
Cana-de-acúcar + Mamona (1x1,5m)	1,30 b	3,74 a	2,04 b
Cana-de-acúcar + Mamona (1x2m)	1,19 b	1,26 b	2,31 b
<b>Média Geral</b>	1,31	2,85	1,93
<b>CV (%)</b>	3,04	23,98	34,54

OBS. Para o UET a análise estatística foi realizada apenas com os tratamentos consorciados.

Em cada coluna médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Com relação aos índices agrônômicos apresentados na Tabela 13, pode-se observar as diferenças obtidas entre os tratamentos na lâmina correspondente a 125% ETc. Observa-se que todos os sistemas consorciados apresentaram índice de uso da terra maior que a unidade. Ao julgar a eficiência do agroecossistema pelo uso do UET, o tratamento cana-de-açúcar + mamona no espaçamento 1x0,5m seria 70% mais eficiente que o monocultivo da mamona. O consórcio será eficiente quando o IEA for superior a 1,0 e prejudicial à produção quando inferior a 1,0; qualquer valor maior do que 1,0 indica uma vantagem de rendimento para o cultivo consorciado, um resultado chamado sobreprodutividade. Os demais tratamentos de cana-de-açúcar + mamona não diferiu estatisticamente do tratamento de cana-de-açúcar + mamona no espaçamento 1x0,5 m.

Para a variável coeficiente relativo populacional observa-se que o maior valor encontrado para o coeficiente relativo da mamona foi encontrado no tratamento cana-de-açúcar + mamona (1x1m), onde nesse tratamento a mamona produziu 2,81 vezes a mais que o esperado, sendo semelhante ao coeficiente relativo populacional da cana-de-açúcar em que o mesmo tratamento proporcionou os melhores rendimentos. A produção esperada seria aquela obtida se cada espécie fosse submetida ao mesmo grau de competição, tanto em mistura como em cultivo isolado, isto é, se a competição interespecífica fosse igual a competição intraespecífica.

**Tabela 13:** Comparações entre as médias dos tratamentos considerando o índice de uso eficiente da terra (UET), a agressividade (A) e o coeficiente relativo populacional para a mamona (Km) e para a cana-de-açúcar (Kc) na lâmina correspondente a 125% ETc. Fazenda Ponta da Serra, Queimadas-PB, 2010.

Tratamentos	Variáveis		
	UET	Km	Kc
Cana-de-acúcar isolada	1	--	--
Mamona isolada	1	--	--
Cana-de-acúcar + Mamona (1x0,5m)	1,70 a	2,81 a	0,99 a
Cana-de-acúcar + Mamona (1x1m)	1,52 b	2,59 a	1,68 a
Cana-de-acúcar + Mamona (1x1,5m)	1,23 c	2,79 a	2,41 a
Cana-de-acúcar + Mamona (1x2m)	1,42 b	2,00 a	2,11 a
<b>Média Geral</b>	1,47	1,73	1,79
<b>CV (%)</b>	3,80	8,35	5,01

OBS. Para o UET a análise estatística foi realizada apenas com os tratamentos consorciados.

Em cada coluna médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

## 6. CONCLUSÕES

### 6. CONCLUSÕES

as variáveis de crescimento, como altura da planta, diâmetro do caule e a matéria seca da parte aérea da mamona foram influenciados pelos espaçamentos de mamona utilizados.

As lâminas de irrigação utilizadas isoladamente interferiram nas variáveis área foliar, matéria seca da parte aérea e da raiz

A interação das lâminas de irrigação com os diferentes espaçamentos de mamona não apresentaram efeito significativo sobre as variáveis de crescimento estudadas .

O rendimento da mamona foi influenciada significativamente pelas pelos espaçamentos utilizados, tendo o espaçamento de 1x0,5m , proporcionado o maior rendimento. O rendimento da cana-de-açúcar foi influenciado pela população de mamona, onde obteve o valor máximo co menor espaçamento de mamona.

O maior valor do índice eficiente da terra foi obtido no espaçamento e o menor valor do coeficiente relativo populacional (K) foram obtidos no espaçamento 1x0,5 em todas as lâminas de irrigação estudadas.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSI, R.R.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; BRUNINI, O.; BARBIERI, V. Condições climáticas para a cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. coord. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: fundação Cargill, 1987. v.1, cap.1, p.42-55.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D. & SMITH, M. **Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 319p. FAO Irrigation and Drainage. Paper 56.

ALTIERI, M.; LIEBMAN, M. Insect, weed and plant disease management in multiple cropping system. In: FRANCIS, C.A. **Multiple cropping system**. New York: Mcmillan, 1986. p. 183-218.

AMARAL, J. G. C. do, **Variabilidade genética para características agronômicas entre progênies autofecundadas de mamona (*Ricinus communis* L.) cv AL Guarany 2002**. 2003. 59 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

AMORIM NETO, M.S.; ARAUJO, A.E. de; BELTRAO, N.E. de M. Clima e solo. In: AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F. (Eds.) **O agronegócio da mamona no Brasil**. Embrapa Algodão (Campina Grande, PB). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 37-61, 2001

AMORIM NETO, M.S.; GOMIDE, R. L.; SEDIYAMA, G. C.; et al. Índice de estresse hídrico da cultura do feijoeiro irrigado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 49-53. 1996.

ARANHA, C; YAHN, C.A. Botânica da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (Coord). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, cap.1, p1-18.

AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRAO, N. E. de M.; SANTOS, J. W. dos; VIEIRA, D.J.; LIMA, E. F.; BATISTA F. A. S.; PEREIRA, J. R. Efeito de população de plantas no rendimento do consorcio de mamona com culturas alimentares. **Rev. Bras. Ol. Fibrós.**, Campina Grande: Embrapa Algodão, v. 2, n. 3, p. 193-202. set-dez. de 1998

AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B. da; SILVA, V. P. R. Water requirements of irrigated mango orchards in northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v, 58, p. 241-254, 2003.

AZEVEDO, P.V. de; RAO, T.V.R.; AMORIM NETO, M. da S.; BEZERRA, J.R.C.; ESPINOLA SOBRINHO, J.; MACIEL, G.F. Necessidades hídricas da cultura do algodoeiro. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, DF, v. 28, n. 7, p. 863-870, 1993.

AZEVEDO, H.M. de. **Resposta da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e de adubação de cobertura nos tabuleiros costeiros da Paraíba.** Campina Grande: UFCG/PB, 2002. 112p. (Tese de Doutorado).

AZEVEDO, H.M. de. **Resposta da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e de adubação de cobertura nos tabuleiros costeiros da Paraíba.** Campina Grande: UFCG/PB, 2002. 112p. (Tese de Doutorado).

BELTRÃO, N.E.M. **Sistema de produção de mamona em condições irrigadas: Considerações gerais.** Campina Grande: EMBRAPA CNPA, 2004. 14p. (EMBRAPA CNPA. Documentos 132).

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

BELTRÃO, N.E.M.; MELO, F.B.; CARDOZO, G.D.; SEVERINO, L.S. **Mamona: Árvore do Conhecimento e Sistemas de Produção para o Semi-Árido Brasileiro.**

Campina Grande: EMBRAPA CNPA, 2003. 19p. (EMBRAPA CNPA. Circular Técnica, 70).

BELTRÃO, N.E. de M.; SOUZA, J.G. de; SANTOS, J.W. dos. Consequências da anoxia temporária radicular no metabolismo do gergelim. *Revista de oleaginosas e fibrosas*. 4(3):153-161, 2000.

BULL, T.A.; GLASZIOU, K.T. Sugar cane. In: EVANS, L.T. ed. **Crop physiology: some case histories**. Cambridge: University Press, 1975, cap. 3, p.51-72.

BACCHI, O.O.S. Botânica da Cana-de-açúcar. In: ORLANDO FILHO, J. (Coord.) **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**; Piracicaba, 1983, p.369 Cap. 2, p.25-37. (Coleção PLANALSUCAR, 2).

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

CARVALHO, C.M DE; **Rendimento da Cana, Terceira Folha, sob diferentes Níveis de Irrigação nos Tabuleiros costeiros da Paraíba**. Campina Grande: UFCG/PB, 2003. (Dissertação de Mestrado).

CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de fisiologia e morfologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p.

CASTILHO, C.P.G. de. **Interceptação de chuvas na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum ssp.*)**. Campinas. UNICAMP/SP. [s.n.], 2000. (Dissertação de Mestrado).

CESAR, M.A.; DELGADO, A.A.; CAMARGO, A.P.; BISSOLI, B.M.A.; SILVA, F.C. da. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais em elevar o teor de fósforo no caldo da cana-de-açúcar (cana-planta), visando ao processo industrial. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.6, p.32-38., 1987.

DONALD, C. M. Competition among crop and pasture plants. **Advances in Agronomy**, New York, v. 15, p. 1-118, 1963.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 306 p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 33), 1994.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212p. (FAO, Boletim, 33).

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Yield response to water**. FAO – Rome. (Copyright) 2000, 306p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Serviço de produção de informações. Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.

EMBRAPA. **Sistema de produção para a cultura da mamona na agricultura familiar no semi-árido nordestino**. Campina Grande, Paraíba. Embrapa Algodão. 2003. (Folder).

FREITAS, C; PENTEADO, M. **Biodiesel: energiado futuro**. São Paulo: Letra Boreal, 2006. 146 p.

HAAG, H.P.; DECHEN, A.R.; CARMELLO, Q.A.C. Nutrição mineral da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. coord. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, cap. I, p.88-162.

HOLANDA, J.S.; AMORIM, J.R.A. **Qualidade da água para irrigação**. In: Simpósio Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada, 5, Campina Grande: UFPB, p. 137-169. 1997.

HUMBERT, R.P. **El Cultivo de la Canã de Azucar**. 1ª ed. En Español, 1974, 719p.  
*BLACKBURN, T.A. & GLASZIOU, K.T. Sugarcane. Longman, New York. 1984, p.414.*

IAA. Ministério da Indústria e Comércio. **PLANALSUCAR**, Coordenadoria. Regional Sul, 1986.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology: Ecophysiology and stress physiology of functional groups**. 3 ed. Springer-Verlag, 1995. 495p.

LORENZI, H. (Ed.). **Plantas daninhas do Brasil: aquáticas, terrestres e toxicas**. 3.ed. Nova Odessa-SP: Plantarum, 2000. 608p.

MACHADO, E.C. Fisiologia da produção de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (Coord.), **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987, v. 1, Cap. 1, p.56-85.

MACHADO, E.C.; PEREIRA, A.R.; FAHL, J.I.; ARRUDA, H.V.; CIONE, J. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n.9, p.1323-1329, 1982

MATOS, E.H.S.F. **Dossiê técnico: Cultivo da Mamona e Extração do Óleo**. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília CDT/UNB, MCGILCHRIST, Analysis of competition experiments. *Biometric*, 21: 975-85, 1965

MAZZANI, B. Euforbiáceas oleaginosas. Tartago. In: MAZZANI, B. **Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas**. Caracas, Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuárias, 1983. p. 277-360.

MILANI, M.; GONDIM, T. M. de S.; VASCONCELOS, R. de A.; FREITAS, H. E. C.D. de; NÓBREGA, M. B. de M.; PEREIRA, J. R. Produção de genótipos de mamoneira (*Ricinus communis* L.) no Cariri cearense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 1 CD-ROM

OLSNES, S. The history of ricin, abrin and related toxins. **Toxicon**, Oxford, v.44, p.361-370, 2004. Disponível em: <<http://www.elsevier.com.br/locate/toxicon>>. Acesso em: 23 abr. 2006.

PARK, S. E.; BENJAMIN, L. R. & WATKINSON, A. R. *Comparing biological productivity in cropping systems: a competition approach*. Journal of Applied Ecology Vol. 39: 416-426, 2002.

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

ROBERTSON, M.J.; DONALDSON, M.J. **Changes in the components of cane and sucrose yield in response to drying-off before harvest**. Field Crop Research, v.55, p.201-208, 1998.

ROSA, L.M.G. Respostas fisiológicas de *Ricinus communis* à redução na disponibilidade de água no solo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. 87p.

SEVERINO L.S.; FERREIRA, G.B.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; FREIRE, W.S.A.; CASTRO, D.A.; CARDOSO, G.D.; BELTRAO, N.E.M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesq. Agropec. Bras**, Brasília, DF, v.41, n. 4, p.563-568, 2006.

SAVY FILHO, A. **Melhoramento de espécies cultivadas: melhoramento da mamona**. Viçosa – MG: UFV, 1996. p.385-407.

SAVY FILHO, A. Mamona. **Centro de plantas graníferas/oleaginosas**. IAC. Campinas-SP, 2004. Disponível em: <<http://www.iac.gov.br>>. Acesso em: 19 set. 2004.

SCARDUA, R; ROSENFELD, V. Irrigação da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. coord. **Cana-de-Açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, cap.3, p.373-431.

SILVA JÚNIOR, L.D. Estágio de desenvolvimento e exigências da cultura da cana-de-açúcar. UNIVAG, Centro Universitário. <http://www.univag.com.br/artigo007.htm>. (30nov.2001).

SHARMA, S. L.; KULHARI, S. C. Effect of castor (*Ricinus communis* L.) based intercropping of legumes at varying fertility levels on castor equivalent yield, land equivalent ratio and monetary advantages under rainfed condition. **Journal of Arid Legumes**, Jodhpur, v. 2, n. 2, p.401-404, 2005.

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

SILVA, A.B. da. **Resposta da cana-de-açúcar irrigada sob diferentes níveis de adubação**. Campina Grande: UFCG/PB, 2002. 61p. (Dissertação de Mestrado).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; CARDOSO, J. L. **Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio**. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, jul. 2002.

VEERANNA, G.; YAKADRI, M.; SHAIK, M. Effect of intercropping vegetables in castor, *Ricinus communis* L. under rainfed conditions. **Journal of Oilseeds Research**, Rajendranagar, v. 21, n. 2, p. 364-365, 2005.

WILLEY, R.W. Intercropping: its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. **Field Crop Abstracts**, Hurley, v.32, n.1, p.1-10, 1979.