

**EFICIÊNCIA AGROECONÔMICA DO CONSÓRCIO MAMONA E
AMENDOIM EM ÁREA DO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

ALEXSON FILGUEIRAS DUTRA

CAMPINA GRANDE – PB

JULHO DE 2012

**EFICIÊNCIA AGROECONÔMICA DO CONSÓRCIO MAMONA E
AMENDOIM EM ÁREA DO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

ALEXSON FILGUEIRAS DUTRA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

CAMPINA GRANDE – PB

JULHO DE 2012

**EFICIÊNCIA AGROECONÔMICA DO CONSÓRCIO MAMONA E
AMENDOIM EM ÁREA DO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

ALEXSON FILGUEIRAS DUTRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre (M.Sc.) em Ciências Agrárias/Área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo

Coorientador: Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão

CAMPINA GRANDE – PB

JULHO DE 2012

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL-UEPB

D978e Dutra, Alexson Filgueiras.
Eficiência agroeconômica do consórcio mamona e amendoim em área do semiárido paraibano [manuscrito] / Alexson Filgueiras Dutra. – 2012.
85 f. : il. color.

Digitado
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, 2012.

“Orientação: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo, Departamento de Agrárias de Exatas”
“Co-Orientação: Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão, Embrapa Algodão”

1. Mamoneira. 2. Mamona. 3. *Ricinus Communis*. 4. *Arachis Hypogaea*. I. Título.

21. ed. CDD 633.85

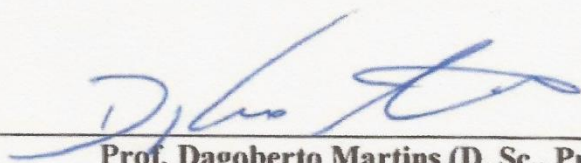
**EFICIÊNCIA AGROECONÔMICA DO CONSÓRCIO MAMONA E
AMENDOIM EM ÁREA DO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

ALEXSON FILGUEIRAS DUTRA

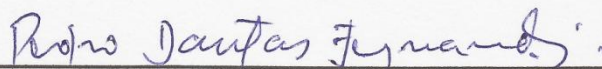
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre (M.Sc.) em Ciências Agrárias/Área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Aprovada em 27 de julho de 2012

Banca Examinadora



Prof. Dagoberto Martins (D. Sc., Produção Vegetal) - UNESP/Botucatu



Prof. Pedro Dantas Fernandes (D. Sc., Fitotecnia) - UEPB



Prof. Alberto Soares de Melo (D. Sc., Recursos Naturais) - UEPB

Orientador

A DEUS,

*Que me concebeu a dádiva de viver e a quem, na sua fé,
busco as graças e forças para continuar seguindo na vida.*

*A meus pais (Genilson Dutra de Sousa e Joseni Filgueiras Dutra) e a
minhas avós Francisca Fernandes Filgueiras e Maria Celestina de Sousa.*

A meus irmãos Wellison Filgueiras Dutra e Andresa Wrielly Filgueiras Dutra.

A minha noiva e futura esposa Alcilene de Sousa Silva.

A todos os demais familiares e amigos.

OFEREÇO

*A meus avós Francisco Fernandes Filgueiras (voinho)
(in memorian) e Pedro Belino de Sousa (vovô) (in memorian),
por serem exemplos de simplicidade, dignidade e dedicação.*

A toda minha família, impulsionadora dos meus êxitos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por todas as vitórias e oportunidades concedidas com muito fé e determinação.

Aos meus pais Genilson Dutra de Sousa e Joseni Filgueiras Dutra, por mostrarem simplicidade e não medir esforços na criação, educação e ensinamento do bom caminho.

Aos meus irmãos Wellison Filgueiras Dutra e Andresa Wrielly Filgueiras Dutra, pela ajuda, carinho, companhia e confiança.

A minha querida noiva Alcilene de Sousa Silva pelo amor e afeto prestado com muito carinho, pela companhia em minha vida e por dividir comigo sonhos.

A todos os meus familiares que torceram, incentivaram e me deram forças.

Ao professor Dr. Alberto Soares de Melo pelo apoio, orientação, confiança, amizade e a quem, por sua competência e dedicação ao trabalho, tenho estima, consideração e é um referencial para mim.

Ao professor Dr. Napoleão Esberad de Macêdo Beltrão por ter sempre contribuído com sugestões e aconselhamento para a qualidade desse trabalho.

Aos professores do Mestrado em Ciências Agrárias: Lemuel Guerra, Germano Vêras, Napoleão Beltrão, Alberto Soares de Melo, Roseane C. dos Santos e Everaldo Paulo de Medeiros, pelos ensinamentos passados durante o período das disciplinas.

Aos amigos e colegas de Pós-Graduação em Ciências Agrárias Ivomberg Magalhães, Renner Ferraz, Lucimara de Figueredo, Dalva Almeida, Marcelo Marques, Flávia Sales, Elizandra Ribeiro, Vandrê Guevara, Fabianne Dantas, Juliara dos Santos e demais colegas, pela convivência de um ambiente familiar e compartilhamento de conhecimentos.

Aos eternos amigos Rosinaldo Ferreira, Sebastião de Oliveira Maia Junior, Janivan Suassuna, Flavio Costa, Jeferson Dutra, Gerkson Maciel, José Madson, Mônica Shirley, Jullyete Araújo, Nariene Meire e demais que apoiaram durante essa trajetória.

À equipe do Setor Experimental de Fruticultura e Ecofisiologia Vegetal Flaviana Gonçalves, Wellison Filgueiras, Izaac Menezes, Luanna Maria Filgueiras, Alane Beserra e Alberlan Fernandes, por se empenharem nos trabalhos de condução do experimento.

A Flaviana Gonçalves, Wellison Filgueiras, Izaac Menezes e Luanna Filgueiras pela agradável convivência e nos momentos difíceis estarem à disposição.

A todos os amigos e funcionários do Campus IV da UEPB.

A Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, sempre apoiando e incentivando no que for preciso nos programas de pós-graduação.

As secretárias do Mestrado em Ciências Agrárias que sempre atendiam as minhas solicitações.

À Universidade Estadual da Paraíba e à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, pela oportunidade de realização do curso.

À Embrapa Algodão, por ajudar na realização de análises de água e solo para o experimento e conceder apoio na realização do experimento.

A CAPES pela bolsa de estudo concedida e ao CNPq pelo apoio financeiro à pesquisa.

A toda UEPB Campus I – Campina Grande.

A todos que me ajudaram incondicionalmente na finalização desta etapa acadêmica, o meu sincero reconhecimento e gratidão, pela cooperação junto aos obstáculos vencidos no caminho do sucesso.

“As grandes ideias surgem da observação dos pequenos detalhes”

Augusto Cury

“Apesar dos nossos defeitos, precisamos enxergar que somos pérolas únicas no teatro da vida e entender que não existem pessoas de sucesso ou pessoas fracassadas. O que existe são pessoas que lutam pelos seus sonhos ou desistem deles.”

Augusto Cury

“E no meio de um inverno eu finalmente aprendi que havia dentro de mim um verão invencível”

Albert Camus

“O passo mais fraco em direção ao topo da montanha, em direção ao nascer do sol, em direção à esperança, é mais forte do que a mais violenta das tempestades.”

Joseph M. Marshall III

*“O Não é sempre certo na vida da gente.
Por que não aprender a conquistar o Sim?
O Sim é uma conquista.”*

Eliana Zagui

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Aspectos gerais da mamona	4
2.2. Aspectos gerais do amendoim	7
2.3. Sistema de consórcio.....	9
2.4. Irrigação em cultivos de mamona e amendoim	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Localização do experimento, solo e clima	16
3.2. Características das cultivares utilizadas	20
3.3. Tratamentos e delineamento estatístico.....	20
3.4. Área experimental e preparo do solo	22
3.5. Instalação e condução do estudo.....	24
3.5.1. Manejo da irrigação.....	26
3.5.2. Colheita da produção.....	28
3.6. Variáveis analisadas	29
3.6.1. Taxa de crescimento e área foliar.....	29
3.6.2. Produtividade	30
3.6.3. Eficiência biológica do consórcio	32
3.6.3.1. Uso eficiente da terra (UET)	33
3.6.3.2. Coeficiente equivalente de terra (CET)	33

3.6.3.3. Razão de área equivalente no tempo (RAET)	34
3.6.3.4. Razão de competitividade (RC).....	34
3.6.3.5. Índice de produtividade do sistema (IPS)	35
3.6.3.6. Agressividade (AGR).....	36
3.6.3.7. Vantagem monetária (VM)	36
3.6.4. Análise econômica	37
3.6.4.1. Análise de custos	37
3.6.4.2. Rentabilidade	38
3.7. Análise estatística.....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1. Taxa de crescimento absoluto e área foliar da mamoneira	39
4.2. Produtividade da mamona	41
4.3. Produtividade de amendoim	43
4.4. Eficiência biológica do consórcio	45
4.4.1. Uso eficiente da terra (UET).....	45
4.4.2. Coeficiente equivalente de terra (CET).....	46
4.4.3. Razão de área equivalente no tempo (RAET).....	47
4.4.4. Razão de competitividade (RC)	48
4.4.5. Índice de produtividade do sistema (IPS).....	49
4.4.6. Agressividade (AGR)	50
4.4.7. Vantagem monetária (VM).....	51
4.5. Análise de custos e rentabilidade	52
5. CONCLUSÕES	60
6. REFERÊNCIAS	61
APÊNDICE.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores da análise físico-hídrica do solo da área experimental do Setor de Fruticultura e Ecofisiologia Vegetal (UEPB). Catolé do Rocha/PB, 2012.....	17
Tabela 2. Valores da análise química do solo da área experimental do Setor de Fruticultura e Ecofisiologia Vegetal (UEPB). Catolé do Rocha/PB, 2012.	18
Tabela 3. Principais características das cultivares de mamona e amendoim cultivadas em sistema solteiro e consorciadas. Catolé do Rocha/PB, 2012.....	20
Tabela 4. Temperatura máxima do ar (T _{máx}), Temperatura mínima do ar (T _{min}), Umidade relativa do ar (UR), Velocidade do vento a dois metros de altura do solo (V), precipitação pluvial (P) e evapotranspiração de referência (E _{To}), pelo método de Penmam-Monteith, no período experimental de julho a dezembro de 2011. Catolé do Rocha/PB, 2012.....	26
Tabela 5. Evapotranspiração de referência (E _{To}), precipitação total, precipitação efetiva e lâmina de irrigação aplicada nas culturas de mamona e amendoim durante todo ciclo. Catolé do Rocha/PB, 2012.....	27
Tabela 6. Uso eficiente da terra parcial (UET parcial), uso eficiente da terra total (UET), coeficiente equivalente de terra (CET) e razão de área equivalente no tempo (RAET) do consórcio mamona e amendoim em diferentes épocas de semeadura. Catolé do Rocha/PB, 2012.....	46
Tabela 7. Razão de competitividade (RC), índice de produtividade do sistema (IPS), agressividade (AGR) e vantagem monetária (VM) do consórcio mamona e amendoim em diferentes épocas de semeadura. Catolé do Rocha/PB, 2012.....	49
Tabela 8. Descrição dos valores absolutos e percentuais dos custos de produção da mamona e amendoim em cultivo solteiro e consorciado em diferentes épocas de plantio. Catolé do Rocha/PB, 2012.....	54

Tabela 9. Indicadores econômicos para as culturas de mamona e amendoim em cultivo solteiro e consorciado em diferentes épocas de plantio. Catolé do Rocha/PB, 2012.	58
--	----

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Localização política do município de Catolé do Rocha/PB, onde foi conduzido o estudo..... 16
- Figura 2. Precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima quantificadas durante período de realização do experimento e identificação dos dias em que se realizou a semeadura e a colheita da Mamona ‘BRS Energia’ e Amendoim ‘BR-1’. Catolé do Rocha/PB, 2012. 19
- Figura 3. Umidade relativa do ar (Urar) e radiação solar (RSA) quantificada durante período de realização do experimento. Catolé do Rocha/PB, 2012. 19
- Figura 4. Arranjo do T₁, mamoneira (M) solteira (4A); T₂, amendoim (A) solteiro no espaçamento de 2,0 m entre fileiras e densidade de 2 plantas por cova a cada 0,20 m (4B); T₃, amendoim solteiro com espaçamento de 1,0 m entre fileiras e densidade de plantas por cova a cada 0,20 m (4C); e T₄, consórcio mamona com amendoim intercalado no meio das fileiras de mamona (espaçado de 2,0 m x 0,5 m) (4D). Catolé do Rocha/PB, 2012..... 21
- Figura 5. Croqui do experimento com casualização dos tratamentos em cada parcela experimental. Catolé do Rocha/PB, 2012..... 22
- Figura 6. Esquema de distribuição das plantas nas parcelas experimentais de 50 m², seguindo os tratamentos (A, B, C e D) isolados e consorciados da mamona ‘BRS Energia’ (M) e amendoim ‘BR-1’ (A). Catolé do Rocha/PB, 2012..... 23
- Figura 7. Marcação da área (7A); semeadura das culturas (7B); profundidade de semeadura da semente de mamona (7C); desbaste da mamoneira ‘BRS Energia’ (7D); capinas manuais realizadas nas culturas de mamona e amendoim (7E); e prática de amontoa nas fileiras de amendoim (7F). Catolé do Rocha/PB, 2012. 25

Figura 8. Colheita dos cachos da mamona (8A) e das plantas de amendoim (8B). Catolé do Rocha/PB, 2012.....	29
Figura 9. Aferição da altura de plantas de mamona utilizando fita métrica (A) e medição do comprimento da nervura principal com auxílio de uma régua graduada em centímetros (B). Catolé do Rocha/PB, 2012.....	30
Figura 10. Colheita dos cachos da mamoneira (10A); retirada dos frutos do cacho (10B); pesagem dos frutos em casca (10C); e pesagem dos grãos em balança (10D). Catolé do Rocha/PB, 2012.....	31
Figura 11. Colheita das plantas de amendoim (11A); retirada das vagens das plantas (11B); separação das vagens para pesagem (11C); e pesagem das vagens em balança (11D). Catolé do Rocha/PB, 2012.....	32
Figura 12. Taxa de crescimento absoluto da altura da mamoneira (TCA-AP) em sistema solteiro e consorciado com amendoim em diferentes épocas de semeadura. Catolé do Rocha/PB, 2012.....	40
Figura 13. Área foliar por planta da mamoneira (AF) em sistema solteiro e consorciado com amendoim em diferentes épocas de semeadura. Catolé do Rocha/PB, 2012.....	41
Figura 14. Produtividade em grãos da mamoneira ‘BRS Energia’ em sistema solteiro e consorciado com amendoim ‘BR-1’ em diferentes épocas relativas de plantio. Catolé do Rocha/PB, 2012.....	42
Figura 15. Produtividade em casca de amendoim ‘BR-1’ em diferentes épocas de plantio em sistema solteiro e consorciado com mamoneira ‘BRS Energia’. Catolé do Rocha/PB, 2012.	44

RESUMO

DUTRA, ALEXSON FILGUEIRAS. M.Sc., Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, julho de 2012. **Eficiência agroeconômica do consórcio mamona e amendoim em área do semiárido paraibano.** Campina Grande, PB, 2012. 86p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias). Orientador: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo. Coorientador: Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão.

A mamoneira é de grande importância à agricultura do semiárido brasileiro por ser de fácil cultivo, tolerante à seca e possuir características benéficas para cultivo associado a outras culturas. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os aspectos agroeconômicos da consorciação mamona e amendoim sob irrigação em condições de Semiárido. O estudo foi realizado na área experimental do Setor de Fruticultura e Ecofisiologia Vegetal, Campus IV, da Universidade Estadual da Paraíba, localizado no município de Catolé do Rocha, PB. O período de estudo foi de junho a dezembro de 2011, envolvendo as culturas de mamona ‘BRS Energia’ e amendoim ‘BR-1’, em sistemas consorciados e isolados. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições e oito tratamentos, sendo: T₁– Mamona solteira no espaçamento de 2,0 m x 0,5 m; T₂– Amendoim solteiro no espaçamento de 2,0 m x 0,2 m; T₃– Amendoim solteiro no espaçamento de 1,0 m x 0,2 m; T₄– Consórcio mamona e amendoim semeados no mesmo dia; T₅– Consórcio mamona e amendoim semeado 10 dias após (M + A₁₀); T₆– Consórcio mamona e amendoim, este semeado 15 dias após a mamona (M + A₁₅); T₇– Consórcio mamona e amendoim semeado 20 dias após (M + A₂₀); e T₈– Consórcio mamona e amendoim semeado 25 dias após (M + A₂₅). As melhores taxas de crescimento e área foliar da mamoneira ‘BRS Energia’ são obtidas ao semear o amendoim ‘BR-1’ em intervalo de 20 a 25 dias após a mamona. Há maior produção de vagens de amendoim quando a semeadura é feita entre 10 e 15 dias após a da mamona. As épocas mais tardias de semeadura do amendoim permite alcançar

melhores rendimentos de grãos de mamona em sistema consorciado. Em consórcio, o amendoim é mais eficiente biologicamente e maiores rendimentos são obtidos quando semeado 20 dias após a mamona.

Palavras-chave: *Ricinus communis*, *Arachis hypogaea*, produção, épocas.

ABSTRACT

DUTRA, ALEXSON FILGUEIRAS. M.Sc., State University of Paraíba / Embrapa Cotton, July 2012. **Agricultural economic efficiency of the consortium castor and peanut in semiarid area of Paraíba.** Campina Grande-PB, 2012. 86p. Dissertation (Graduate Program in Agrarian Sciences). Major professor: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo and Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão.

The castor bean has great importance to the Brazilian semiarid region and it can be easy to grow, tolerant to drought and has beneficial features to production associated with other cultures. Thus, the objective of this study was to evaluate agricultural economic aspects intercropping castor and peanut under irrigated conditions in semiarid. The experiment was accomplished at the experimental Sector Fruit and Plant Ecophysiology, IV Campus, State University of Paraíba (UEPB), located in the municipality of Catolé do Rocha, PB. The study period was from June to December 2011, using the cultivation of castor bean 'BRS Energy' and peanuts 'BR-1', in intercropping systems and isolated. The experimental design was in randomized blocks with four replications and eight treatments: T₁- Single castor bean spaced in 2,0 m x 0,5 m, T₂- Single peanut in spacing of 2,0 m x 0,2 m, T₃- Single peanut spaced in 1,0 m x 0,2 m, T₄- Consortium castor bean and peanuts sown on the same day, T₅- Consortium castor bean and peanuts sown 10 days after the castor bean (M + A₁₀), T₆- Consortium castor bean and peanut, sown 15 days after castor bean (M + A₁₅), T₇- Consortium castor bean and peanut sown 20 days after the castor bean (M + A₂₀), T₈- Consortium castor bean and peanut sown 25 days after the castor bean (M + A₂₅). The best growth rates and leaf area of the castor bean 'BRS Energy' are obtained when the peanuts 'BR-1' was sown from 20 to 25 days after the castor bean. The production of peanut pods increased when was sown between 10 and 15 days after the castor bean. The later periods of sowing of peanuts will provide better yields of castor bean in intercropping system. In the

consortium, the peanut is biologically more efficient and higher yields are obtained when sown 20 days after the castor bean.

Keywords: *Ricinus communis* L., *Arachis hypogaea* L, production, epochs.

1. INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa da família das Euforbiáceas de grande importância econômica com aplicações na área industrial e com potencial no mercado internacional de óleos. No Brasil, o terceiro maior produtor de mamona (FAO, 2011), a produtividade média é muito baixa, em torno de 644 kg ha⁻¹ (CONAB, 2012), sendo o Estado da Bahia responsável por maior parte da produção nacional (73%) (IBGE, 2011).

Essa oleaginosa destaca-se por desenvolver-se bem em regiões tropicais e semiáridas em virtude de sua rusticidade. No Nordeste brasileiro tem sido cultivada, notadamente, em sistema de consórcio e/ou rodízio com outras culturas como: feijão, mandioca, amendoim e milho (CORRÊA et al., 2006; AZEVEDO et al., 2007a). Acrescente-se que o principal produto da mamoneira é o óleo de rícino, importante matéria prima para a indústria química, com larga utilização na fabricação de mais de 700 produtos, desde tintas, vernizes, sabonetes, produtos têxteis, fluidos hidráulicos, plásticos e lubrificantes de alta qualidade, até a produção de cosméticos e medicamentos de uso na medicina (SANTOS et al., 2007; NIELSEN et al., 2011). Deve-se ressaltar que, nos últimos anos, com o despertar para energias renováveis, como o biodiesel, o óleo de rícino tem sido utilizado como matéria prima na obtenção de combustível renovável.

Neste contexto, a cultura da mamona apresenta importância à agricultura do semiárido brasileiro, por ser de fácil cultivo, tolerante à seca e proporcionar ocupação e renda no meio rural, notadamente, para agricultura de base familiar (BELTRÃO et al., 2007), além de ser alternativa promissora à produção de biocombustíveis. Com esse fim, vários estudos (SEVERINO et al., 2005; AZEVEDO et al., 2007b; AIRES et al., 2011) têm sido realizados com o objetivo de conhecer melhor o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira. Ressalta-se que o seu crescimento é indeterminado e lento na fase inicial, isso dificulta sua capacidade de

competição interespecífica, o que tem propiciado sua escolha em arranjos produtivos (GONDIM, 2011).

A mamoneira mesmo por apresentar em sua morfofisiologia e fenologia a viabilidade de ser cultivada em consorciação, deve-se ter o cuidado de não haver qualquer nível de competição seja pela luminosidade, por nutrientes ou, simplesmente, pelo espaço (BELTRÃO et al., 2010a). Algumas pesquisas têm evidenciado vantagens do sistema consorciado da mamona sobre o seu cultivo isolado, a saber: mamona + feijão caupi, milho ou sorgo (AZEVEDO et al., 2007a); mamona + gergelim (BELTRÃO et al., 2010b); mamona + amendoim (BELTRÃO et al., 2010a); mamona + gergelim ou milho (PINTO et al., 2011a). Tal prática, comumente utilizada pela agricultura familiar no Nordeste brasileiro, tem favorecido a produção de alimento com melhoria de sua renda e bem estar social (GONDIM, 2011). Esses autores acrescentam, ainda, que o cultivo simultâneo de espécies diferentes na mesma área melhora o uso eficiente da terra (UET) e reduz o risco da perda total da produção.

Fato marcante da região semiárida é a má distribuição das chuvas, implicando, na maioria das vezes, na inviabilidade da exploração agrícola de forma econômica. Nesse sentido, o uso da irrigação torna-se indispensável ao aumento da produtividade agrícola (FRIZZONE et al., 1994; MELO et al., 2010; SUASSUNA et al., 2011). Para os autores, é imperativo analisar a viabilidade econômica do cultivo irrigado em condições de risco.

Para analisar as vantagens do sistema de consórcio, têm-se utilizado os indicadores de eficiência biológica e habilidade competitiva: uso eficiente da terra (UET) (WILLEY e OSIRU, 1972; BELTRÃO et al., 2010a; TEXEIRA et al., 2011), razão de competitividade (WILLEY e RAO, 1980; BELTRÃO et al., 2000), coeficiente equivalente de terra (ADETILOYE et al., 1983; JOHN e MINI, 2005), razão de área equivalente no tempo (HIEBSCH e McCOLLUM, 1987; PINTO et al., 2011a); índice de produtividade do sistema (ODO, 1991; VALE et al., 2011) e agressividade (McGILCHRIST, 1965; LIMA et al., 2008).

Aspecto importante mencionado por alguns pesquisadores (FERREIRA e ARAÚJO NETO, 2007; HAFLE et al., 2011) como indicador da viabilidade de implantação de uma nova tecnologia, é a análise econômica que leva em consideração todos os fatores envolvidos no processo produtivo. Para Garcia et al. (2012), um dos indicadores mais importantes da análise econômica é o índice de lucratividade, o qual representa a taxa disponível de receita da atividade agrícola após o pagamento dos custos operacionais, sendo o que comprova a viabilidade do empreendimento implantado.

Apesar de existirem publicações sobre mamona consorciada (CORRÊA et al., 2006; BELTRÃO et al., 2010b; TEIXEIRA et al., 2011), ainda são poucos os trabalhos conclusivos

referentes à consorciação dessa oleaginosa com amendoim (BELTRÃO et al., 2010a; MACEDO et al., 2010), que é fixador do nitrogênio atmosférico e contribui pelo menos com parte desse mineral às plantas. Além disso, essa leguminosa possui hábito de crescimento acelerado e ciclo curto, que são características desejáveis ao consórcio com a mamoneira. Para tanto, faz-se necessário realizar pesquisas visando elucidar o comportamento e maximizar a eficiência dessas culturas frente aos cultivos em diferentes fases fenológicas de semeadura; além de buscar espécies adaptadas ao sistema de consórcio para melhorar a eficiência do sistema e a produtividade das culturas consortes. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os aspectos agroeconômicos da consorciação mamona e amendoim sob irrigação em condições de Semiárido.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais da mamona

A mamona é um arbusto pertencente à família das Euforbiáceas, com possível origem na Etiópia. Por sua fácil propagação e adaptação a diferentes condições climáticas foi disseminada nas mais variadas regiões do mundo e por ser tolerante a seca e exigir calor e luminosidade é encontrada em toda extensão do Brasil, principalmente na região Nordeste, na qual constitui grande potencial para economia local (AMORIM NETO et al., 2001; BELTRÃO e AZEVEDO, 2007).

A mamoneira é uma planta monóica com inflorescência racemosa, forma cachos terminais, com as flores femininas ocupando a porção superior e as masculinas a parte basal da inflorescência, o que proporciona reprodução tanto por autofecundação como por fecundação cruzada. Embora seja considerada uma planta autógama, o nível de alogamia pode atingir até 25% nas plantas de porte anão e 40% nas de alto porte, o que favorece a heterogeneidade (SAVY FILHO, 2005; BELTRÃO et al., 2007; FREIRE et al., 2007).

Quanto à expressão sexual da mamoneira, os fatores genéticos e não genéticos tais como o déficit hídrico ou temperaturas elevadas podem induzir a formação de flores masculinas, como também determinar o tipo de sexo: macho puro, fêmea total, fêmea inclinada, hermafrodita ou monóica (SAVY FILHO, 2005; BELTRÃO et al., 2007). O fruto da mamona é uma cápsula que pode ser lisa ou com estrutura semelhante a um espinho, podendo ser deiscente ou indeiscente (BELTRÃO e AZEVEDO, 2007), onde as sementes apresentam grande variabilidade de cor, forma, peso, quantidade de óleo e presença ou ausência de carúncula (OLIVEIRA, 2007).

Em relação às exigências edafoclimáticas, a mamoneira é classificada como cultura de clima tropical, necessitando de temperatura média do ar em torno de 25°C, variando entre 20°C e 35°C, elevada insolação, baixa umidade relativa do ar e altitude de pelo menos 300 m, sendo seu

ótimo de 650 m. Assim, essa planta é considerada bastante tolerante à seca e não tolerante a salinidade, necessitando para atingir alta produtividade aproximadamente 900 mm de chuva ciclo⁻¹ (BELTRÃO e CARDOSO, 2006; OLIVEIRA, 2007; VALE, 2009).

O cultivo de mamona dar-se em quase todas as zonas tropicais e subtropicais do mundo, independente da qualidade do solo. No Brasil, pode ser encontrada em diversas regiões em estado primitivo e em cultivos sob a forma de agricultura familiar, consorciada com culturas alimentícias sem mecanização e utilização de insumos modernos, ou ainda em escala comercial com o uso de máquinas e de insumos (BELTRÃO et al., 2007). No Nordeste brasileiro, a produção de mamona é desenvolvida em lavouras de sequeiro, onde a água disponível para as plantas provém somente das chuvas, estando à cultura sujeita a períodos de estiagem que podem variar de 2 a 4 semanas. Nessa região a deficiência hídrica, a alta demanda evapotranspirativa e a baixa tecnologia normalmente utilizada reduz a produtividade e podem até causar a perda total da lavoura (OLIVEIRA, 2007). Ressalta-se que mesmo com essa irregularidade pluvial, essa região é propícia para esse cultivo, visto que, atualmente é a região com maior produção, sendo responsável na safra de 2010/2011 por 91,9% da produção nacional, equivalente à 129,7 mil toneladas (CONAB, 2012).

Acrescente-se, que o cultivo com essa oleaginosa torna-se uma atividade apropriada às condições do semiárido, devido ser uma planta rústica, exigir pouca água e se desenvolver muito bem em solos da região nordestina, sendo cultivada, em sua quase totalidade, consorciada com o feijão comum, feijão vigna, milho ou amendoim (BELTRÃO et al., 2002; CORRÊA et al., 2006; AZEVEDO et al., 2007a). Dentre essas culturas a do amendoim tem sido bastante utilizado como consorte intercalar com a mamona, por apresentar valor socioeconômico para a região através da geração de empregos no campo e ser um produto usado na alimentação humana e possibilitar incremento na renda familiar. Para Gondim (2011), o cultivo intercalar, também denominado cultivo consorciado, policultural ou simultâneo, é uma prática agrícola adotada pelos pequenos e médios agricultores das zonas tropicais na maioria dos países, sendo utilizado mais comumente com a produção de culturas alimentares anuais. Padmavathi e Raghavaiah (2004) reforçam que a consorciação é utilizada para maximizar a produtividade das culturas em anos de precipitação normal e minimizar o risco de perdas durante os anos de estiagem prolongada. O monocultivo, por outro lado, é mais utilizado por grandes produtores e apresenta maior risco de perdas nas condições de sequeiro, mas tem ajuste do espaçamento, densidade de semeadura e arranjo das plantas, em função da tecnologia utilizada, mecanização, variedade e área cultivada.

No Nordeste brasileiro o cultivo consorciado da mamoneira é amplamente praticado pelos pequenos e médios produtores, principalmente no Estado da Bahia (BELTRÃO et al.,

2002), utilizando cultivares de porte e ciclo médios, consorciada na maioria das vezes com milho e feijão, além do amendoim de porte ereto. Esse sistema de cultivo por ser uma alternativa para a agricultura de base familiar faz do cultivo da mamona uma atividade de suporte, cujo mercado é demandante em virtude do seu principal produto, o óleo, ser utilizado na fabricação de combustível de origem vegetal, o 'biodiesel'. O Brasil chegou a ser o maior produtor e exportador de óleo de mamona. A partir de 1985/1986, houve uma redução da área colhida e da quantidade produzida, devido a não competitividade econômica da mamona em relação a outras culturas (SANTOS et al., 2007). No atual momento, o Brasil é o terceiro maior produtor de mamona, com produção de aproximadamente 141,3 mil toneladas na safra 2010/11 e produtividade média de 644 kg ha⁻¹ (CONAB, 2012). A maior parte dessa produção concentra-se na região Nordeste, sendo o estado da Bahia o principal produtor, porém as maiores produtividades em grãos são obtidas nas regiões Sul e Sudeste, nos estados de São Paulo, Paraná e Minas Gerais, respectivamente (CONAB, 2012).

Com o lançamento do Programa Nacional de Produção de Biodiesel (PNPB), em 2004, o governo brasileiro, almejando maior inclusão social do homem no campo e, concomitantemente, produzir matéria prima para a produção de biodiesel, induziu mudanças de paradigmas da agricultura familiar incentivando o cultivo de oleaginosas como a mamona (PINHEIRO et al., 2008; ALMEIDA JÚNIOR et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2009). Todavia, esta espécie apresenta ciclo longo e espaçamento entre linha relativamente grande, gerando problemas com plantas daninhas e desestruturação do solo pela menor taxa de cobertura vegetal obtida, o que pode ser amenizado pelo cultivo consorciado de culturas de outras espécies que servem à alimentação humana e podem melhorar a situação econômica do pequeno agricultor (TEIXEIRA et al., 2011).

A mensuração das análises de crescimento fornecem informações de todo ciclo da planta, possibilitando relacionar características morfofisiológicas, fatores externos e produtividade, de modo que essas informações são fundamentais para definir algumas práticas de manejo, tal como a escolha da época de plantio e fornecer subsídios para a escolha e desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições climáticas do semiárido brasileiro (AIRES et al., 2011).

A análise de crescimento de plantas, além de ser um método que descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo entre duas amostras sucessivas, dentro do seu ciclo, permite avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos para o crescimento total (BENINCASA, 2003). Com esses dados de crescimento, pode-se inferir a atividade fisiológica, isto é, estimar de forma bastante precisa as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes.

A análise de crescimento não destrutiva é uma importante técnica que visa estudar o aumento dos fitossistemas eucarióticos sem destruir as plantas e, assim, os mesmos indivíduos podem ser mensurados durante o ciclo biológico, tendo como valores primários a altura de plantas, o diâmetro caulinar e a área foliar. Esse método tem sido muito empregado na investigação de efeitos de fenômenos ecológicos sobre o crescimento como adaptabilidade em ecossistemas, efeito de competição de cultivares e influência das práticas agronômicas (ALVAREZ et al., 2005). O fundamento dessa análise baseia-se no fato de que praticamente toda a matéria orgânica acumulada ao longo do crescimento da planta resulta da atividade fotossintética. Dessa forma, o acúmulo de matéria seca e o incremento da área foliar, quantificados em função do tempo, são utilizados na estimativa de vários índices fisiológicos relacionados às diferenças de desempenho entre cultivares. Normalmente estes são: taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL), área foliar (AF), taxa de crescimento da cultura (TCC) e entre outros (LIMA et al., 2007; ALVES, 2009).

2.2. Aspectos gerais do amendoim

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) tem como centro de origem a América do Sul e pertence à família Fabaceae. Essa oleaginosa apresenta uma estrutura de frutificação dotada de geotropismo positivo que carrega a vagem na extremidade, denominada de ginóforo (SANTOS et al., 2005; RODRIGUES, 2010). É uma espécie alotetraplóide e reproduz quase exclusivamente por autogamia (SANTOS et al., 2000), possui porte ereto ou rasteiro, ciclo entre 90 e 160 dias e pode ter altura da haste principal entre 50 e 60 cm (GRACIANO, 2009). Além dessas características, o amendoim desenvolve, logo após a germinação, um ramo principal originado da gema apical do epicótilo e dois ramos laterais originados a partir das gemas axilares dos cotilédones (NOGUEIRA e TÁVORA, 2005). Segundo esses pesquisadores, o amendoim apresenta folhas compostas, pinada, com dois pares de folíolos inseridos num pecíolo de 4 a 9 cm. A inserção dos folíolos é oposta, apresentando a forma elíptica e lanceolada, dependendo da cultivar. A flor é completa, perfeita, hermafrodita, com corola papilionácea, de coloração amarela, estar agrupada em números variáveis ao longo do ramo principal ou secundário, conforme a cultivar (GRACIANO, 2009).

A planta do amendoim possui grande plasticidade genética, podendo ser cultivada em várias condições ambientais (GRACIANO, 2009) e em quase todos os tipos de solos, sendo as melhores produções encontradas naqueles de boa drenagem, fertilidade razoável e textura arenosa. A maior rentabilidade dá-se em função da cultivar e das interações entre temperatura e

disponibilidade hídrica (BOLONHEZI et al., 2005). Acrescenta-se, que essa cultura constitui uma excelente alternativa agrícola para a região Nordeste do Brasil, devido à riqueza nutricional de suas sementes e a adaptação às condições semiáridas (FREITAS et al., 2005).

Por ser uma cultura de ciclo entre 90 e 130 dias, o amendoim exige condições climáticas com altas temperaturas e pluviosidade entre 500 e 600 mm ciclo⁻¹, com distribuição uniforme. Em regiões com precipitação entre 300 e 500 mm bem distribuídos, pode ser obtidos de 1.200 a 1.300 kg ha⁻¹ de amendoim em casca (SANTOS et al., 2005). Por outro lado, regiões com precipitação superior a 1.000 mm ciclo⁻¹ não são indicadas para a 'BR-1', principalmente porque alonga seu ciclo e afeta a qualidade das vagens e sementes nas fases de colheita e armazenamento (SANTOS et al., 2005).

O amendoim é considerado uma das principais oleaginosas cultivadas no mundo com produção global de 35,6 milhões de toneladas de grãos e 5,8 milhões de toneladas de óleo por ano (GRACIANO, 2009) e de acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA, 2011) na safra 2008/09 a Ásia foi responsável por 68,4% da produção mundial, sendo que na América do Sul a Argentina (1,6%) e o Brasil (0,8%) foram os principais produtores. No cenário atual, é a quarta oleaginosa mais produzida, ficando atrás apenas da soja, do algodão e da canola, e participa com 10% na produção de óleo comestível, enquanto a produção de grãos representa 23,5 milhões de toneladas por ano; seus principais produtores são: Índia, China, Estados Unidos, Nigéria, Indonésia e Senegal (BELTRÃO, 2004). Além disso, a ampliação do mercado em função da possibilidade da produção de biodiesel traz novas e favoráveis perspectivas de exploração desta cultura no Nordeste do Brasil.

O principal produto econômico do amendoim é o grão, o qual apresenta elevado teor de óleo e de proteína, além de conter vitaminas E do complexo B, sendo a produção no Brasil destinada a atender o mercado de alimento na forma *in natura* ou processados industrialmente (SANTOS et al., 2005). Diante da tendência mundial de utilização de recursos renováveis como matriz energética, a cultura do amendoim pode ser inserida em programas de produção de biocombustíveis, a exemplo da exploração de óleos vegetais como matéria prima para o biodiesel (PINTO et al., 2005; MASIERO e LOPES, 2008; DABDOUB et al., 2009).

O cultivo do amendoim no Brasil concentra-se principalmente na região Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, com destaque para os Estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais como os maiores produtores (RODRIGUES, 2010). O estado Paulista é o principal produtor, com área cultivada correspondente a 80% da produção nacional e 10% concentrado na região Nordeste, na qual o plantio encontra-se distribuído no recôncavo Baiano; nos tabuleiros costeiros de Sergipe; na zona da Mata, Agreste e Sertão pernambucano; no Agreste e Brejo paraibano; e

no cariri Cearense (SANTOS et al., 2005). Na região Norte, o Estado do Tocantins iniciou recentemente o cultivo com 2,1 mil hectares, com média de produtividade superior a 3.000 kg ha⁻¹.

A cultura do amendoim é amplamente cultivada em áreas de renovação de pastagem e de canaviais (BOLONHEZI et al., 2007). Entretanto, apresenta-se como alternativa importante de utilização em sistemas agroflorestais e de rotação de culturas, devido a sua capacidade de fixar nitrogênio no solo (OKITO et al., 2004).

A produção brasileira de amendoim é composta por duas safras semeadas em épocas diferentes, conforme a região de cultivo, geralmente a primeira é semeada nas regiões Sul e Sudeste e a segunda nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (CONAB, 2012). A importância econômica do amendoim no Brasil está relacionada ao fato de suas sementes poderem ser processadas e utilizadas diretamente na alimentação humana, nas indústrias de conservas, nas confeitarias, nas indústrias oleoquímicas e na produção de biodiesel (GRACIANO, 2009).

2.3. Sistema de consórcio

O consórcio de culturas é baseado na ocupação de uma mesma área por mais de uma cultura simultaneamente ou em algum tipo de rotação (SUDO et al., 1998; BELTRÃO et al., 2010a). Para Vieira (1998), nesses sistemas duas ou mais culturas, com diferentes ciclos e arquiteturas vegetativas, podem ser exploradas concomitantemente na mesma área, de tal forma que não é necessário semear as culturas ao mesmo tempo, mas durante apreciável parte de seus períodos vegetativos, forçando uma interação entre elas (TEIXEIRA et al., 2005).

O sistema de cultivo em consórcio é utilizado há séculos, sendo praticado por pequenos agricultores, sobretudo com pouco embasamento científico, na tentativa de obter o máximo de benefícios dos recursos disponíveis (MÜELLER et al., 1998; SULLIVAN, 2004; TEIXEIRA et al., 2005). Por esse motivo nas regiões tropicais, em que predomina uso intensivo de mão-de-obra familiar, as culturas de subsistência são produzidas tradicionalmente em sistema de consórcio (BEZERRA NETO et al., 1991; BELTRÃO et al., 2010a).

Vários são os sistemas de consórcio, por exemplo, os cultivos mistos, onde nenhuma das culturas é organizada em fileiras distintas, enquanto nos cultivos intercalares pelo menos uma delas é plantada em fileiras. Nos cultivos em faixa, as culturas são plantadas em faixas suficientemente amplas para permitir o manejo independente de cada cultura, mas bastante estreitas para possibilitar a interação entre elas.

Nos cultivos de substituição, uma cultura é plantada depois que a anterior alcançou a fase reprodutiva do crescimento, porém ainda não atingiu o ponto de colheita. O feijão é o preferido nos consórcios culturais pelas seguintes razões: I- possui ciclo vegetativo curto e pouco competitivo; II- pode ser semeado em diferentes épocas; III- é relativamente tolerante à competição movida pela planta consorte; IV- é um dos alimentos básicos do povo brasileiro; e V- seu preço geralmente alcança bons níveis.

De acordo com Beltrão et al. (2006), o consorciamento de culturas é empregado, sobretudo, pelos pequenos agricultores que possuem pouca terra, mão de obra abundante para a área de que dispõem e pouco capital. O sistema é interessante pelos seguintes motivos:

- 1- Permite uso mais intensivo da limitada área que possuem. Pelo simples expediente de cultivar conjuntamente duas ou mais plantas, o pequeno agricultor eleva a produção de alimentos sem a necessidade de insumos dispendiosos;
- 2- É um meio de diminuir o risco de insucesso cultural. Se uma cultura falha ou produz pobremente, por causa de problemas climáticos ou ataque de parasitas, a outra ou outras culturas componentes podem compensá-la. Tal compensação pode não ocorrer se as culturas são exploradas separadamente;
- 3- Aumenta a proteção vegetativa do solo contra a erosão;
- 4- Permite melhor controle da flora invasora que o cultivo “solteiro”;
- 5- Possibilita uso mais eficiente da mão de obra;
- 6- Possibilitar a redução da incidência de pragas e doenças tanto numa cultura como na consorte, de modo que, em alguns casos ocorre o contrário, isto é, o consorciamento favorece determinadas pragas e doenças, provando que o sistema envolva, quanto a este aspecto, algumas relações complexas;
- 7- Possibilitar, com frequência, maiores lucros para o pequeno agricultor que as culturas solteiras, além de diversificar as fontes de renda;
- 8- Oferece com a maior exploração de maior número de culturas no mesmo terreno, maior diversidade de produtos alimentares para o pequeno agricultor e sua família.

A grande desvantagem do processo é que ele impede a utilização, em maior grau, de técnicas agrícolas mais eficientes e capazes de conduzir a altos rendimentos culturais. À medida que o nível tecnológico da agricultura evolui, as culturas consorciadas tornam-se crescentemente mais difíceis de ser manejadas, principalmente quando a mecanização é introduzida.

A mamona é cultivada no Nordeste predominantemente em sistema de consórcio, principalmente com feijão *vigna*, feijão *phaseolus*, gergelim, amendoim e o milho. Uma das

vantagens do plantio consorciado na região semiárida, onde predomina a área produtora de mamona, está na maior estabilidade que este sistema apresenta em relação ao monocultivo (BELTRÃO et al., 2007). Acrescente-se, que esta espécie por apresentar ciclo longo e espaçamento entre linha relativamente grande, gerando problemas com plantas daninhas e desestruturação do solo pela menor taxa de cobertura vegetal obtida, podendo ser amenizado pelo cultivo intercalar de culturas de outras espécies, principalmente as de pequeno porte e com pouca competição (TEIXEIRA et al., 2011).

De modo geral, o sucesso do emprego do consorciamento dá-se em razão da elevação da produção de alimentos sem a necessidade de insumos dispendiosos, o que permite entre outros, o uso eficiente da terra, a obtenção de duas produções concomitantemente, a redução de riscos e a diversificação da dieta alimentar (TEIXEIRA et al., 2005). Para avaliar a eficiência dos consórcios, vários meios podem ser utilizados e um deles, o mais importante e interessante para os agricultores, é a quantidade de alimentos produzida por unidade de área e o lucro gerado pelo sistema por meio da análise econômica. Entretanto, os pesquisadores, comumente, utilizam para avaliar a eficiência dos consórcios em relação aos monocultivos, o índice de uso eficiente da terra (UET), definido como a área relativa de terra em cultivo solteiro, necessária para ter os mesmos rendimentos que o cultivo consorciado (TEIXEIRA et al., 2005; BELTRÃO et al., 2010a; TEIXEIRA et al., 2012).

Outros indicadores para analisar as vantagens do sistema de consórcio por meio de índices de eficiência biológica e habilidade competitiva são utilizados, tais como: razão de competitividade (WILLEY e RAO, 1980; BELTRÃO et al., 2000; GONDIM, 2011), coeficiente equivalente de terra (ADETILOYE et al., 1983; JOHN e MINI, 2005), razão de área equivalente no tempo (HIEBSCH e McCOLLUM, 1987; GONDIM, 2011; PINTO et al., 2011a); índice de produtividade do sistema (ODO, 1991; PINTO et al., 2011b; VALE et al., 2011) e agressividade (McGILCHRIST, 1965; LIMA et al., 2008). Na avaliação desses índices, leva-se em consideração dados como a produtividade relativa, a proporção de área ocupada pelas espécies, o tempo de colheita das espécies e o maior tempo levado pelas espécies constituintes do sistema.

A razão de área equivalente no tempo (RAET) prover uma avaliação que compara a vantagem produtiva do consórcio em relação à cultura solteira de uma forma mais apropriada que UET, o qual não leva em consideração o tempo necessário que plantas empregadas no sistema passam no campo até colheita. Valores inferiores à unidade para o RAET foram encontrados por Egbe et al. (2010) em sistemas consorciados. Ao passo, que pesquisadores como Egbe e Kalu (2009), Rahman et al. (2009) e Kumar et al. (2010), constataram valores superiores

a unidade, ocorrendo eficiência agrícola da terra e tempo para o sistema de consorciação em comparação a seu monocultivo.

O coeficiente equivalente de terra (CET) mínimo para duas culturas em consórcio é 0,25 apresentando vantagem produtiva quando excede esse valor. Alguns autores usaram o CET como índice de avaliação do sistema de consorciação, dentre eles Egbe et al. (2010). O índice de produtividade do sistema (IPS) uniformiza a produtividade da cultura consorte em termos da cultura principal. Oseni e Aliyu (2010) e Oseni (2010) constataram estabilidade na produtividade nos sistemas de consorciação analisados, ou seja, o IPS foi superior ao monocultivo de seus consortes.

A agressividade (AGR) é uma importante ferramenta para determinar a habilidade de uma cultura associada com outra. A cultura principal dominando os consortes foram verificados em agroecossistemas do milho + feijão *vigna* (YILMAZ et al., 2008), algodão + feijão *vigna* e algodão + sorgo (AASIM et al., 2008). Já a razão de competição (RC), mede o grau que uma cultura compete com a outra, apresentando a base do seu cálculo em função da produtividade da cultura principal e consorte em associação e isoladas como também o espaço usado no campo de cultivo por ambas. A cultura principal competindo com maior expressão pelos recursos do ambiente foram reportados para a razão de competição em agroecossistemas de algodão + feijão *vigna* e algodão + sorgo (AASIM et al., 2008), milho + feijão *vigna* (YILMAZ et al., 2008) e sorgo + feijão *vigna* (OSENI, 2010). A cultura consorte dominando a principal, sendo mais competitiva pelos recursos de luz, água e nutrientes, a exemplo, têm-se consorciações entre amendoim + milho, amendoim + sorgo e amendoim + milheto (GHOSH, 2004), soja + sorgo (GHOSH et al., 2006), mamona + feijão *vigna*, mamona + milho e mamona + sorgo (AZEVEDO et al., 2007a) e soja + milho (MBAH et al., 2007).

No sistema de consórcio a avaliação econômica é de grande importância, pois baseia-se nas medidas de resultado econômico, podendo analisar os aspectos econômicos do sistema produtivo. Entretanto, um dos grandes problemas no estudo de agroecossistemas consorciados são justamente a avaliação dos aspectos econômicos e, também, as relações de cooperação e de competição que se estabelecem entre as espécies (BELTRÃO et al., 2007). O custo de produção tem como principal finalidade servir para análise de rentabilidade dos recursos empregados numa atividade produtora útil no processo de tomada de decisão do produtor (SILVA et al., 2009). A utilização de estimativas de custos agrícolas na administração de empresas agrícolas tem assumido importância crescente, quer na análise da eficiência da produção de determinada atividade, quer na análise de processos específicos de produção, os quais indicam o sucesso de determinada empresa no seu esforço de produzir (YAMAGUCHI, 2000).

2.4. Irrigação em cultivos de mamona e amendoim

Vários estudos científicos salientam que o estresse causado pela falta de água no solo reduz sensivelmente a produção vegetal, inviabilizando-a, em regiões de clima árido ou semiárido, onde a falta de água é constante e limita a atividade agrícola. Para Mantovani et al. (2006), a deficiência e o excesso de água no solo são os fatores mais limitantes para obtenção de altas produtividades, pois podem prejudicar a germinação, o vigor, o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Sousa et al. (2003), ressaltam-se que a utilização adequada desse recurso em cultivos tem condicionado aos produtores a garantia da produção e incremento na renda familiar.

A irrigação na atualidade é vista como uma estratégia para o aumento da rentabilidade na propriedade agrícola, buscando a produtividade sustentável e preservando o meio ambiente (CARVALHO, 2004). A redução dos riscos de perda de safras é um fator atrativo importante para investimentos em sistemas irrigados, tanto em áreas já ocupadas por unidades produtivas, como em áreas agrícolas com baixa taxa de ocupação de terras. Desta forma, a irrigação pode ser vista como um elemento ampliador da disponibilidade de produtos e facilitador de capitalização na agropecuária (TESTEZLAF et al., 2002).

No Nordeste brasileiro o recurso água é limitante e a distribuição das chuvas, na maioria dos Estados, não supre adequadamente às necessidades hídricas das culturas durante todo o ano (DOOREMBOS e KASSAM, 2000), e por isso há a emergência em se fazer práticas agrícolas irrigadas que venham a suprir a demanda de água exigida para o desenvolvimento correto das culturas (MELO et al., 2010; SUASSUNA et al., 2011). Nesse contexto, tem-se utilizado quase sempre a mais moderna tecnologia de irrigação, que é a aplicação de água localizada através do gotejamento, caracterizada pela aplicação de água em apenas uma parte do solo, correspondente à zona explorada pelo sistema radicular da planta, como forma de aumentar a expressão produtiva, atender as exigências hídricas das plantas e aumentar a eficiência no uso da água.

O uso da irrigação na agricultura e em especial na ricinocultura somente se justifica utilizando-se elevada tecnologia para se tirar o máximo possível de produtividade, com elevado teor de óleo de boa qualidade, considerando-se o teor ricinoléico que deve ser superior a 89% e a baixa acidez (BELTRÃO et al., 2007). Desta forma, escolher o sistema de irrigação mais adequado que trará maiores produtividades com menores custos e de forma sustentável é fundamental para produção da mamoneira irrigada.

Segundo Barros Júnior et al. (2008) a mamoneira apresenta elevada eficiência na transformação da água consumida, com elevada produção de fitomassa na ausência de déficit hídrico. Para crescer, desenvolver e produzir satisfatoriamente, a mamoneira necessita de suprimento hídrico diferenciado nas suas fases fenológicas, o que requer manejo compatível com sua capacidade de retirada de água do solo (FREITAS et al., 2010). Na atualidade, a irrigação por gotejamento vem sendo bastante utilizada, pois esse método traz economia no uso da água e incremento da eficiência da irrigação (BISCARO et al., 2012).

Em alguns locais a produtividade de mamona alcançada chegou a 8.500 kg ha⁻¹ utilizando-se cultivares precoces em regime de irrigação, o que supera em muito as médias nacional e mundial (BELTRÃO e CARDOSO, 2006), reforçando, nesse contexto, a importância das cultivares melhoradas e da irrigação no sistema produtivo da mamoneira.

No cultivo da mamoneira, a irregularidade das chuvas em várias regiões produtoras, aliada aos períodos de estiagem, tem prejudicado essa cultura, com maior evidência nas baixas produtividades obtidas, cerca de 600 kg ha⁻¹ a média mundial e 644 kg ha⁻¹ a média brasileira (SILVA et al., 2000; CONAB, 2012). Desse modo, para minimizar problemas decorrentes do estresse hídrico e garantir produtividades mais elevadas, a adoção da tecnologia de irrigação passa a ser uma excelente alternativa que propicia estabilidade da produção agrícola no período chuvoso e garante o cultivo na época da seca. Vale ressaltar, que na conjuntura atual a mamoneira desponta como uma opção viável para o processo de produção de matéria-prima para o biodiesel, e a irrigação pode contribuir, em muito, para o agronegócio da mamona, melhorando a eficiência de uso da terra e ao mesmo tempo gerar renda no contexto da agricultura familiar e empresarial, garantindo empregos e divisas para o país (BELTRÃO et al., 2007).

A disponibilidade hídrica no início e durante a fase vegetativa é fundamental para o bom estabelecimento e desempenho da cultura (CARVALHO, 2004). Além disso, a mamoneira requer no mínimo 400 mm de água até o início da floração e cerca de 200 mm no período de enchimento dos frutos (BELTRÃO et al., 2007). Apesar dessas exigências é considerada uma planta de elevada tolerância à seca com sensibilidade ao excesso de umidade por períodos prolongados, notadamente, no início do ciclo e na frutificação (BELTRÃO et al., 2007).

A prática da irrigação na mamoneira, apesar de pouco utilizada em cultivos extensivos é muito empregada nos casos de produção de sementes. É considerada uma técnica muito favorável ao aumento da produtividade. Tendo sido obtidos rendimentos de até 400 kg ha⁻¹ em cultivos comerciais na Bahia com a cultivar 'BRS 149 Nordestina' (CARVALHO, 2005).

Dentre as vantagens da irrigação está à possibilidade de se antecipar a época de plantio para que a colheita seja realizada nos meses mais secos do ano (CARVALHO, 2005), além de favorecer a produção de mais racemos por planta, haja vista, o aumento do ciclo cultural.

Na cultura do amendoim, a ocorrência de déficit hídrico durante o seu desenvolvimento provoca redução do crescimento e da superfície fotossintética, ocorrendo, conseqüentemente, menor número de flores, de vagens por planta e de sementes por vagem evidenciando redução da produção (TASSO JÚNIOR et al., 2004). Nesse sentido, o manejo correto da irrigação por meio da estimativa precisa das necessidades hídricas da cultura, maximiza a produção e a eficiência do uso da água.

Rao et al. (1988) aplicando lâminas de água de 725, 630, 580 e 550 mm, obtiveram produtividades de amendoim em casca de 4.615, 5.480, 5.040 e 3.687 kg ha⁻¹, respectivamente, evidenciando que água em demasia quanto em deficiência, reflete negativamente na produção. Também, Távora e Melo (1991) verificaram que a deficiência hídrica determinou redução média na produção de vagens de amendoim, da ordem de 62% em relação ao tratamento sem deficiência hídrica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento, solo e clima

A pesquisa constou da condução de um estudo de campo na área experimental do Setor de Fruticultura e Ecofisiologia Vegetal pertencente ao Centro de Ciências Humanas e Agrárias (CCHA), Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), localizado no município de Catolé do Rocha, PB (Figura 1). A cidade está situada a 6° 21' de latitude S e 37° 48' de longitude O W.Gr., a uma altitude de 250 m.

O clima da região é do tipo BSw'h', segundo classificação de Köppen, caracterizando-se por ser semiárido quente, com duas estações distintas, uma chuvosa com precipitação irregular e outra sem precipitação. A precipitação média anual é de 870 mm, temperatura média de 27 °C com período chuvoso concentrando-se entre os meses de fevereiro e abril.

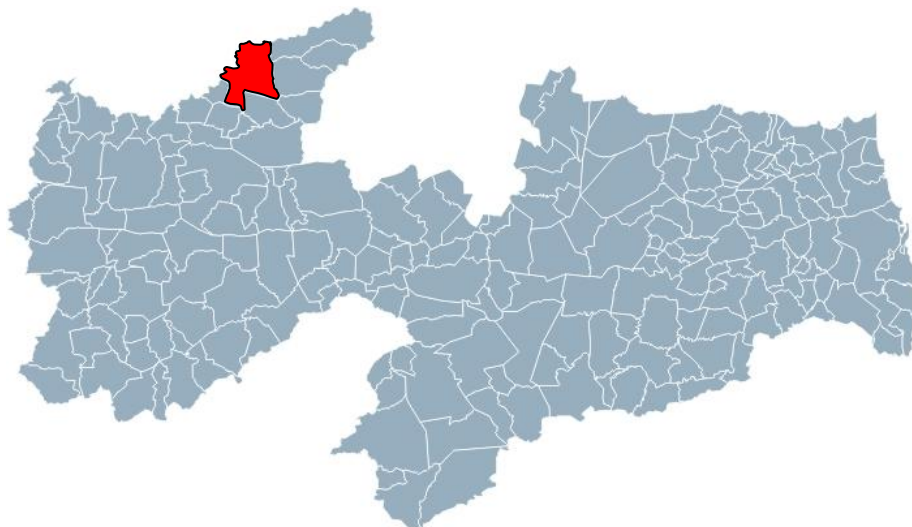


Figura 1. Localização política do município de Catolé do Rocha/PB, onde foi conduzido o estudo.

O trabalho foi conduzido no período de 22 de junho a 10 de dezembro de 2011. Esse período corresponde ao tempo de estiagem nessa região, sendo necessário o uso de irrigação nos cultivos.

Na localidade, as condições edáficas foram representadas por um solo classificado como NEOSSOLO FLÚVICO Eutrófico com textura arenosa (SANTOS et al., 2006), em que amostras de solo foram coletadas para análise de suas características físicas (Tabela 1) e químicas (Tabela 2).

Tabela 1. Valores da análise físico-hídrica do solo da área experimental do Setor de Fruticultura e Ecofisiologia Vegetal (UEPB). Catolé do Rocha/PB, 2012.

Atributos físico-hídricas	Profundidade (0-20 cm)
Granulométrica (g kg ⁻¹)	
Areia	773,7 ⁽¹⁾
Silte	168,3
Argila	58
Classificação textural	Franco-arenoso
Densidade (g cm ⁻³)	
Solo	1,53
Partículas	2,65
Porosidade total (%)	42,26
Umidade (g kg ⁻¹)	
Capacidade de campo	114,4
Ponto de murcha permanente	35,1
Água disponível (% de peso)	7,93

⁽¹⁾ Resultados da análise de solo realizada pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG.

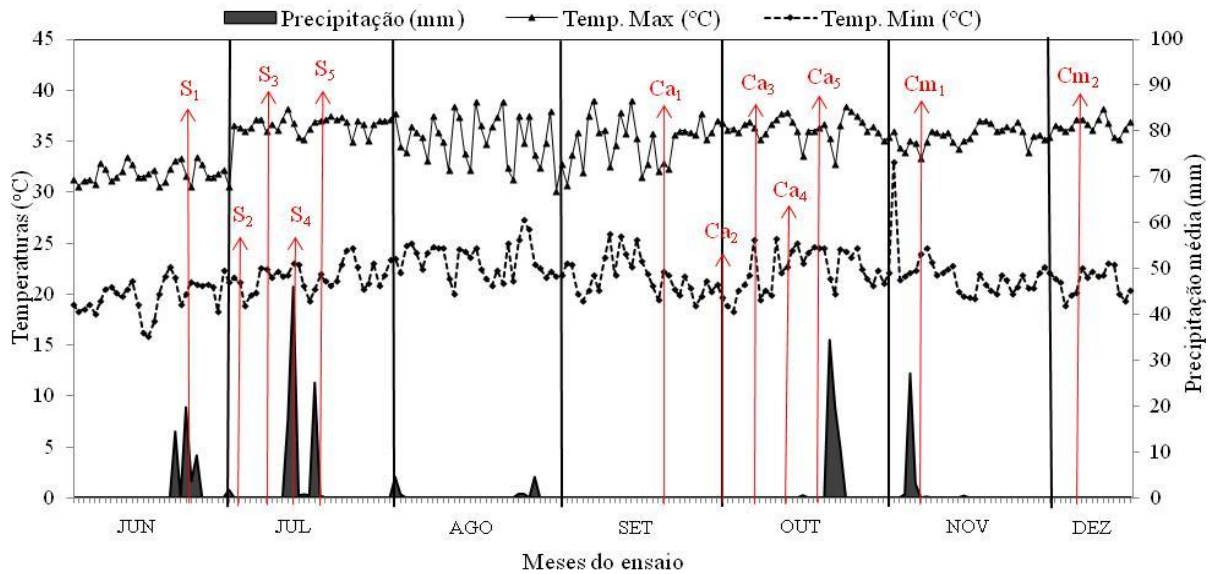
Tabela 2. Valores da análise química do solo da área experimental do Setor de Fruticultura e Ecofisiologia Vegetal (UEPB). Catolé do Rocha/PB, 2012.

Características químicas	Unidade	Profundidade (0-20 cm)	Interpretação⁽²⁾
Cálcio (Ca ⁺²)	(cmol _c dm ⁻³)	3,37 ⁽¹⁾	Médio
Sódio (Na ⁺)	(cmol _c dm ⁻³)	0,07	Baixo
Magnésio (Mg ⁺²)	(cmol _c dm ⁻³)	1,62	Alto
Potássio (K ⁺)	(cmol _c dm ⁻³)	0,58	Alto
Fósforo (P)	(mg dm ⁻³)	46,8	Alto
Matéria orgânica M.O.	(g dm ⁻³)	13,4	Baixa
pH H ₂ O (1:2,5)		7,0	-
Soma de bases (SB)	(cmol _c dm ⁻³)	5,64	-
Hidrogênio + Alumínio	(cmol _c dm ³)	0,0	-
Alumínio (AL ⁺³)	(cmol _c dm ³)	0,0	-
CTC	(cmol _c dm ³)	5,64	-
Saturação por bases (V)	(%)	100	-
Classificação		Eutrófico	-

⁽¹⁾ Resultados da análise de solo realizada pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG. ⁽²⁾ De acordo com Ribeiro et al. (1999).

Durante a condução do experimento, foram coletados na estação agrometeorológica, localizada próximo da área experimental, os dados climáticos de precipitação pluviométrica, temperatura máxima e mínima do ar (°C dia⁻¹) (Figura 2), umidade relativa do ar (%) e radiação solar (MJ dia⁻¹) (Figura 3).

Os dias em que ocorreu a semeadura da mamona e do amendoim em cada tratamento, bem como a colheita das culturas no final de seu ciclo, estão identificados junto ao gráfico de temperatura e precipitação (Figura 2). No período do estudo, a pluviosidade total foi de 247 mm entre a semeadura e a colheita da mamona e amendoim, com distribuição de 138 mm durante o período de plantio da mamona em todos os tratamentos (S₁) até o plantio de amendoim no tratamento oito (T₈), 25 dias após a mamona (S₅).



S₁ - Semeadura da mamona em todos os tratamentos e amendoim nos tratamentos T2, T3 e T4;

S₂ - Semeadura do amendoim 10 dias após a mamona (T5= M+A10);

S₃ - Semeadura do amendoim 15 dias após a mamona (T6= M+A15);

S₄ - Semeadura do amendoim 20 dias após a mamona (T7= M+A20);

S₅ - Semeadura do amendoim 25 dias após a mamona (T8= M+A25);

Ca₁ - Colheita do amendoim nos T2, T3 e T4;

Ca₂ - Colheita do amendoim no T5= M+A10;

Ca₃ - Colheita do amendoim no T6= M+A15;

Ca₄ - Colheita do amendoim no T7= M+A20;

Ca₅ - Colheita do amendoim no T8= M+A25;

Cm₁ - Primeira colheita da mamona em todos tratamentos;

Cm₂ - Segunda e última colheita da mamona.

Figura 2. Precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima quantificadas durante período de realização do experimento e identificação dos dias em que se realizou a sementeira e a colheita da Mamona ‘BRS Energia’ e Amendoim ‘BR-1’. Catolé do Rocha/PB, 2012.

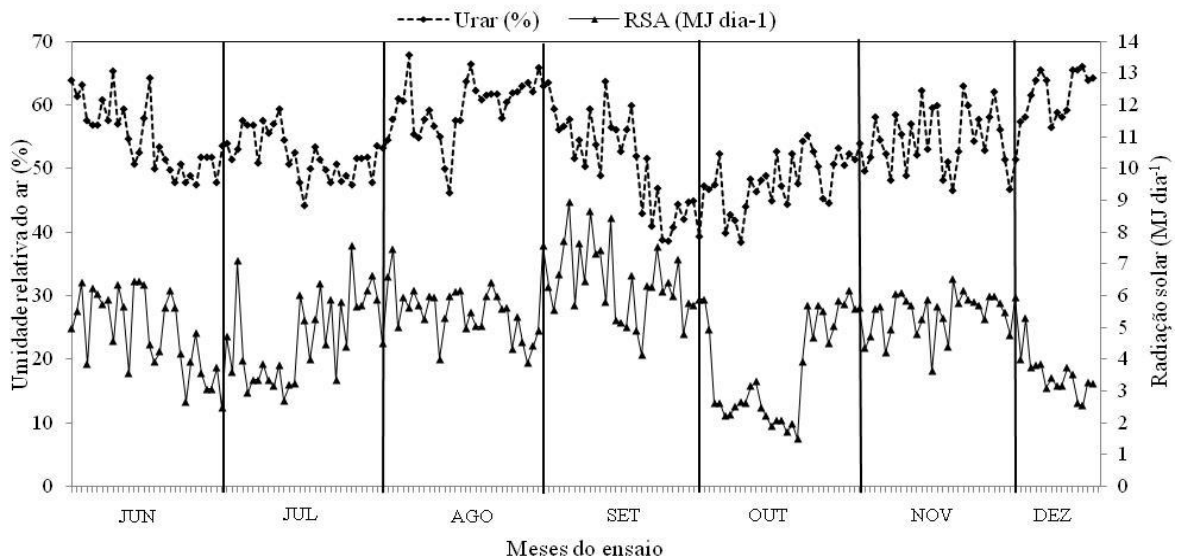


Figura 3. Umidade relativa do ar (Urar) e radiação solar (RSA) quantificada durante período de realização do experimento. Catolé do Rocha/PB, 2012.

3.2. Características das cultivares utilizadas

O experimento envolveu as culturas de mamona, cultivar BRS Energia, e amendoim, representada pela 'BR-1', em sistemas solteiros e consorciados com regime de irrigação. A precocidade dessas cultivares é uma das principais e importantes características para pesquisa (Tabela 3).

Tabela 3. Principais características das cultivares de mamona e amendoim cultivadas em sistema solteiro e consorciadas. Catolé do Rocha/PB, 2012.

Características	Cultivares	
	Mamoneira 'BRS Energia' ⁽¹⁾	Amendoim 'BR-1' ⁽²⁾
Ciclo	120-150 DAE*	89 DAE
Porte	Arbustivo	Herbáceo
Espaçamento	1,0 m x 1,0 m ou 0,70 m x 0,40 m	0,70 m x 0,20 m
Produtividade	1.800 kg ha ⁻¹ , em sequeiro	1.700 kg ha ⁻¹ , em sequeiro
Florescimento	1º cacho aos 30 DAE	22 DAE
Altura da planta	140 cm	35 cm haste principal
Folhas	Verdes com nervuras esverdeadas	Verde escuro
Caule	Verde e com cera	Verde
Cachos	Formato cônico	Vagens de tamanho médio
Nº cachos planta ⁻¹	2 e 3, podendo apresentar oito ou mais	27 vagens por planta
Nº de frutos cacho ⁻¹	100 frutos em média	3-4 sementes por vagem
Sementes	Rajadas, de coloração bege e marrom	Vermelhas arredondadas.
Peso de 100 grãos	30-35 g	48 g
Teor de óleo	48 %	45%

⁽¹⁾Fonte: Embrapa Algodão (2007); ⁽²⁾Embrapa Algodão (2009). *Dias após emergência.

3.3. Tratamentos e delineamento estatístico

O estudo consistiu de oito tratamentos, sendo cinco em sistema de consórcio (mamona + amendoim) considerando o fator época relativa de plantio do amendoim em relação à mamona (0 dia, 10, 15, 20 e 25 dias) e três no sistema solteiro mamona e amendoim em dois espaçamentos diferentes, instalados em delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições.

- T₁ – Mamona solteira com espaçamento de 2,0 m x 0,5 m (Figura 4A);
- T₂ – Amendoim solteiro no espaçamento de 2,0 m x 0,2 m (Figura 4B);
- T₃ – Amendoim solteiro no espaçamento de 1,0 m x 0,2 m (Figura 4C);
- T₄ – Consórcio mamona + amendoim semeados no mesmo dia (M + A) (Figura 4D);
- T₅ – Consórcio mamona + amendoim, este semeado 10 dias após a mamona (M + A₁₀);
- T₆ – Consórcio mamona + amendoim, este semeado 15 dias após a mamona (M + A₁₅);
- T₇ – Consórcio mamona + amendoim, este semeado 20 dias após a mamona (M + A₂₀);
- T₈ – Consórcio mamona + amendoim, este semeado 25 dias após a mamona (M + A₂₅).

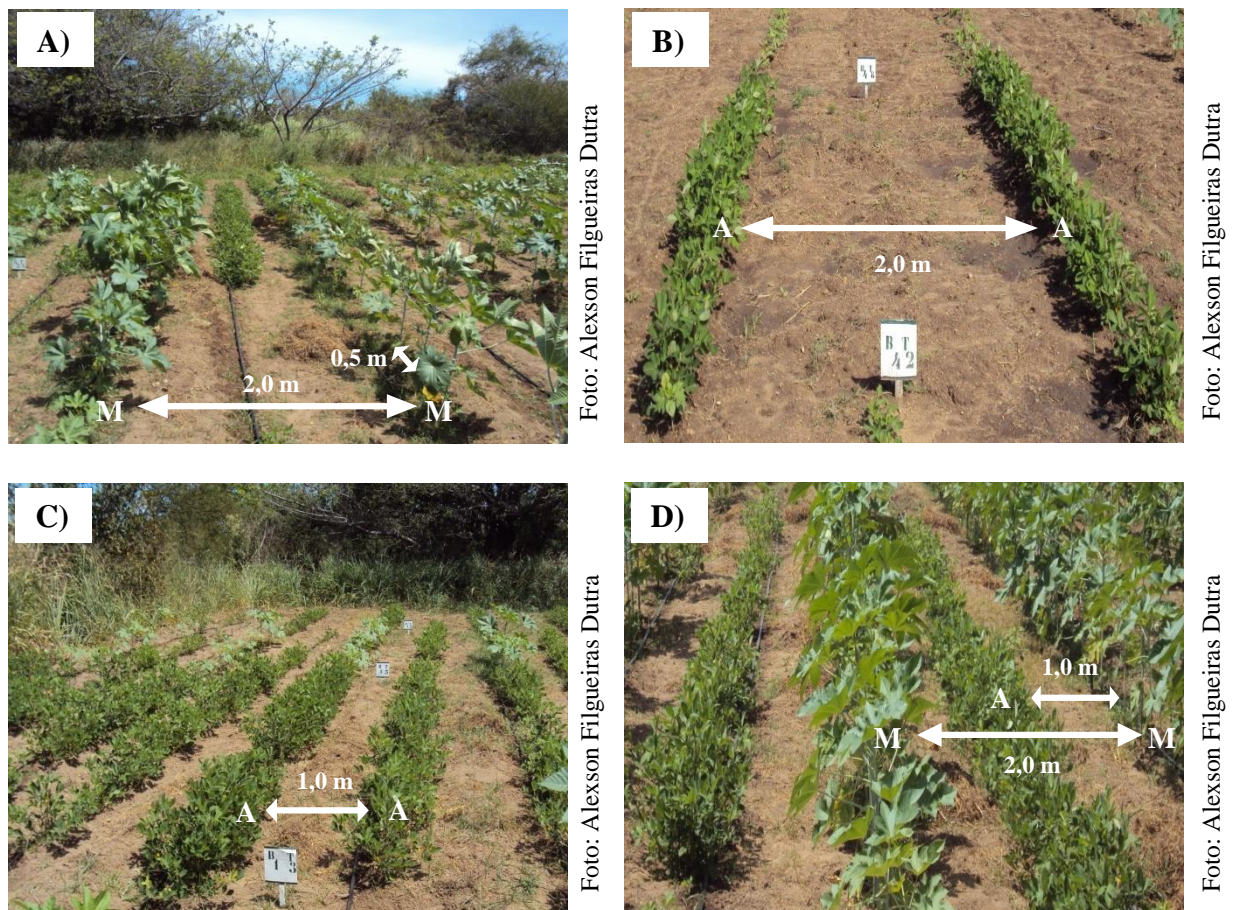
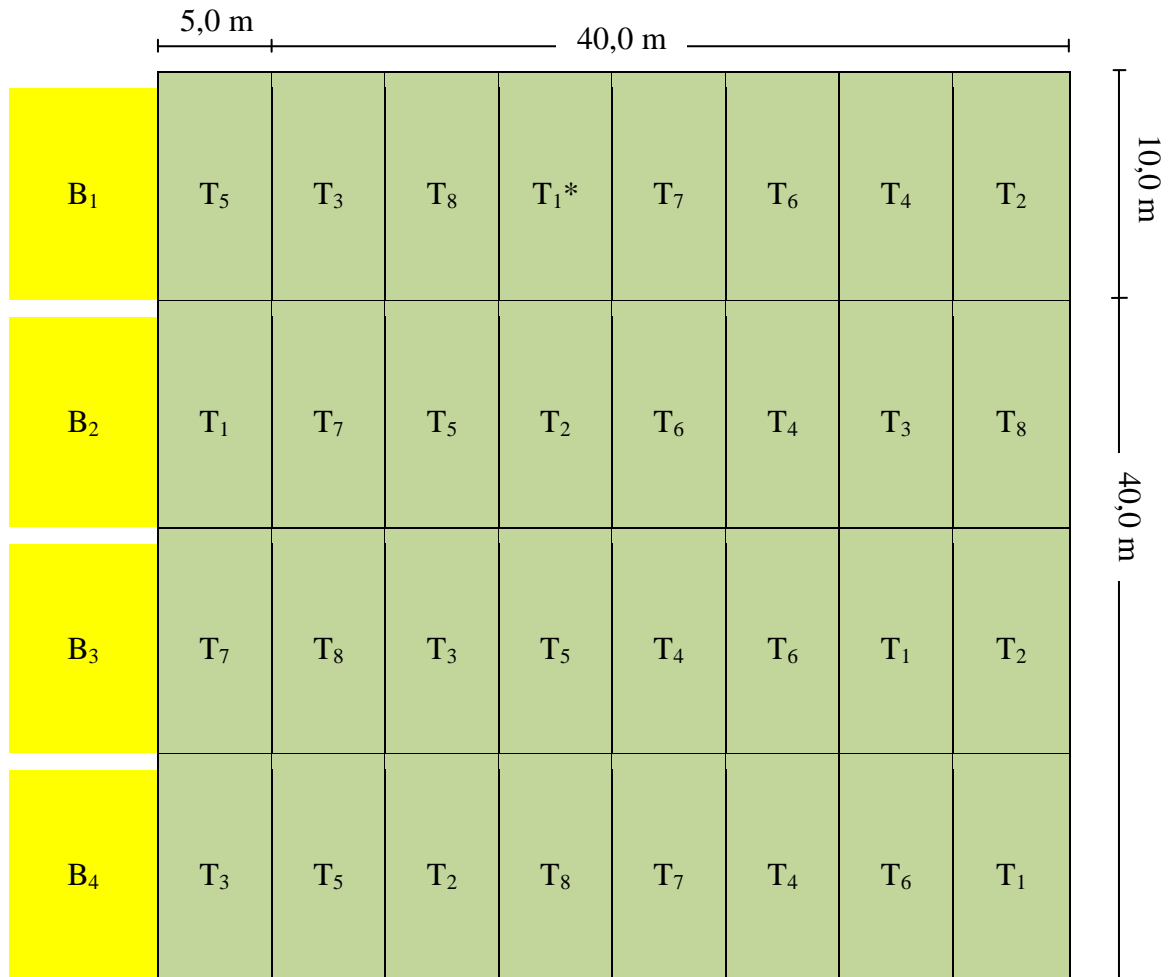


Figura 4. Arranjo do T₁, mamoneira (M) solteira (4A); T₂, amendoim (A) solteiro no espaçamento de 2,0 m entre fileiras e densidade de 2 plantas por cova a cada 0,20 m (4B); T₃, amendoim solteiro com espaçamento de 1,0 m entre fileiras e densidade de plantas por cova a cada 0,20 m (4C); e T₄, consórcio mamona com amendoim intercalado no meio das fileiras de mamona (espaçado de 2,0 m x 0,5 m) (4D). Catolé do Rocha/PB, 2012.

3.4. Área experimental e preparo do solo

O experimento abrangeu uma área total de 1.600 m², tendo 40,0 m de comprimento por 40,0 de largura, onde os blocos foram constituídos por oito parcelas de 50,0 m² cada (Figura 5).



*Tratamentos: T₁- Mamoneira solteira (2,0 m x 0,5 m); T₂- amendoim solteiro (2,0 m x 0,2 m); T₃- amendoim solteiro (1,0 m x 0,2 m); T₄- consórcio M + A semeados no mesmo dia; T₅- consórcio M + A₁₀; T₆- consórcio M + A₁₅; T₇- consórcio M + A₂₀; T₈- consórcio M + A₂₅. M- mamona; A- amendoim.

■ - Bloco: 10,0 m x 40,0 m

■ Parcela: 10,0 m x 5,0 m

Figura 5. Croqui do experimento com casualização dos tratamentos em cada parcela experimental. Catolé do Rocha/PB, 2012.

A unidade experimental foi formada por 10 m de largura por 5 m de comprimento, formando uma área de 50 m², onde foram distribuídas 5 e 10 fileiras para as culturas em sistema solteiro espaçadas entre si de 2,0 m e 1,0 m, respectivamente, e 10 fileiras para as culturas em consórcio (Figura 6). Nessa mesma figura, observa-se o esquema da distribuição das culturas na

área experimental, onde considerou-se como área útil as linhas centrais de cada cultura dentro da parcela, formando área útil de 24 m² tanto para as culturas em sistema solteiro como para as culturas em consórcio. O número de plantas na linha de mamona e amendoim (10 e 100 plantas, respectivamente) correspondeu à uma e duas plantas cova⁻¹ a cada 0,5 m e 0,2 m, respectivamente, sendo constante para todos os tratamentos.

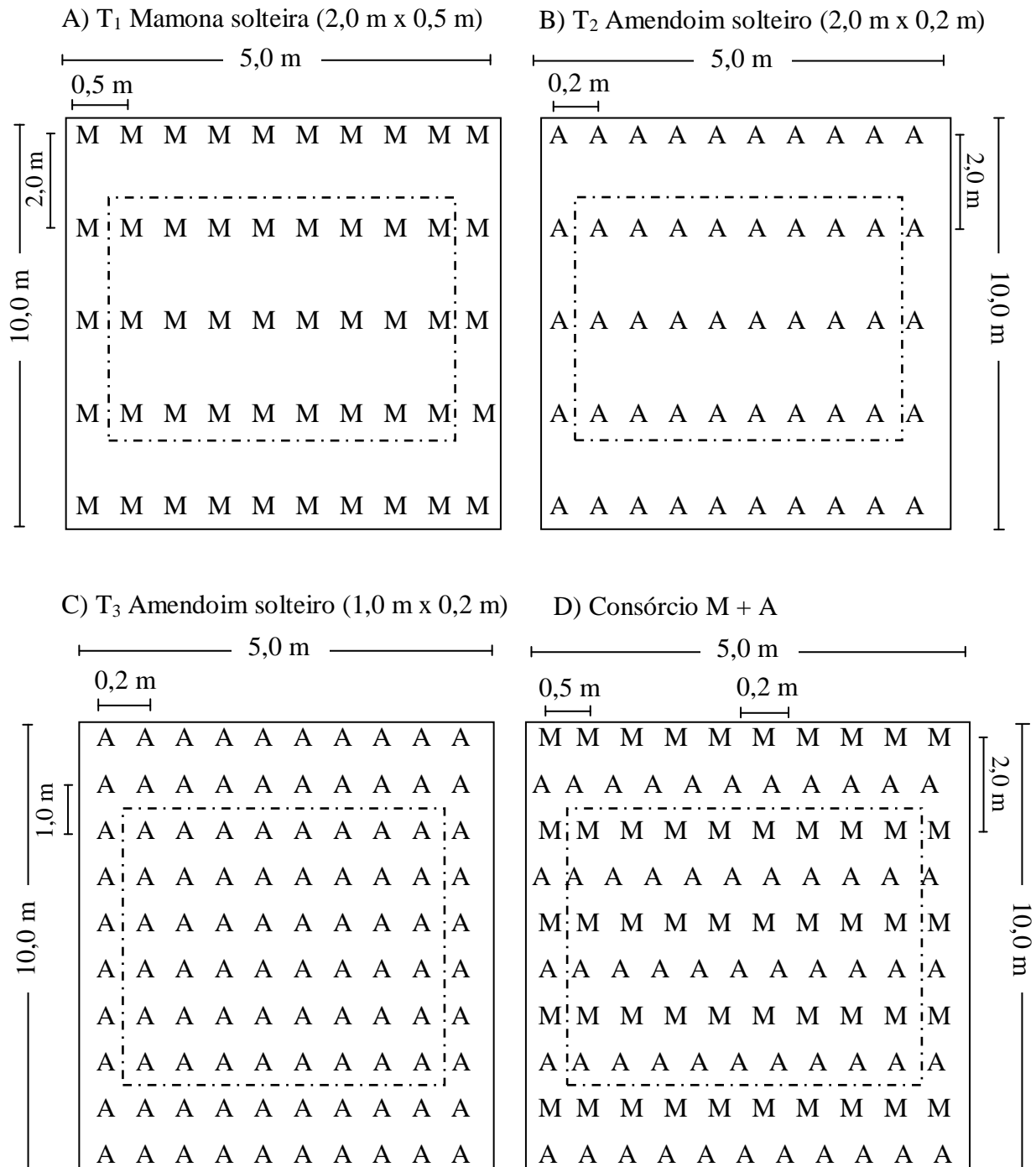


Figura 6. Esquema de distribuição das plantas nas parcelas experimentais de 50 m², seguindo os tratamentos (A, B, C e D) isolados e consorciados da mamona 'BRS Energia' (M) e amendoim 'BR-1' (A). Catolé do Rocha/PB, 2012.

O preparo do solo foi realizado por uma aração com grade aradora que fez o corte da terra na profundidade de 0,20 m e, em seguida, fez-se a gradagem niveladora.

A adubação das parcelas baseou-se nos resultados da análise química do solo (Tabela 2), direcionada apenas para a cultura da mamona 'BRS Energia'. A adubação foi comum a todos os tratamentos utilizando adubos minerais com NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio), na forma de Ureia (45% de N), superfosfato simples (22% de P_2O_5) e cloreto de potássio (60% de K_2O).

A aplicação de P e K foi realizada no momento da semeadura ao lado da cova a uma distância de cinco centímetros e o nitrogênio foi parcelado em duas vezes, aplicando-se aos 30 e 45 dias após a emergência (DAE).

3.5. Instalação e condução do estudo

A instalação do experimento foi antecedida da marcação da área com uso de trenas e piquetes (Figura 7A), seguindo da identificação das parcelas por meio de plaquetas para identificação de bloco e tratamentos, sorteados ao acaso.

A semeadura da mamoneira foi realizada, manualmente, colocando três sementes por cova a 5 cm de profundidade (Figuras 7B e 7C), deixando-se uma planta por cova após o desbaste. O amendoim isolado foi semeado na mesma época que a mamona, com duas sementes por cova, em duas configurações de espaço (2,0 m x 0,2 m; 1,0 m x 0,2 m). Nos tratamentos consorciados as linhas de amendoim foram inseridas na metade do espaçamento entre as linhas de mamona (2,0 m), de modo que o espaçamento entre as linhas de amendoim foram os mesmos entre as linhas de mamona.

Aos 10 dias após emergência (DAE) procedeu-se o desbaste das plantas de mamoneira deixando-se uma única planta por cova, eliminando-se as de menor crescimento com uso de tesoura de poda, cortando o caule rente ao solo (Figura 7D).

O controle das plantas daninhas foi realizado por meio de duas capinas manuais, com auxílio de enxada (Figura 7E), em intervalos de 15 a 25 dias, deixando as culturas (mamona e amendoim) no limpo, principalmente no período de crescimento das lavouras consorciadas e solteiras, de forma a não comprometer a produção. Nos tratamentos contendo amendoim foi realizado o processo de amontoa, colocando terra ao pé das plantas, protegendo a base das plantas e facilitando a penetração dos ginóforos ou esporões no solo (Figura 7F). Essa prática foi conduzida uma única vez com auxílio de enxadas.



Foto: Alexson Filgueiras Dutra



Foto: Alexson Filgueiras Dutra



Foto: Alexson Filgueiras Dutra



Foto: Alexson Filgueiras Dutra



Foto: Alexson Filgueiras Dutra



Foto: Alexson Filgueiras Dutra

Figura 7. Marcação da área (7A); semeadura das culturas (7B); profundidade de semeadura da semente de mamona (7C); desbaste da mamoneira ‘BRS Energia’ (7D); capinas manuais realizadas nas culturas de mamona e amendoim (7E); e prática de amontoa nas fileiras de amendoim (7F). Catolé do Rocha/PB, 2012.

3.5.1. Manejo da irrigação

O método de irrigação utilizado foi o localizado através do sistema de gotejamento, com emissores a cada 0,20 m com vazão de 1,5 L h⁻¹. A lâmina de irrigação aplicada correspondeu a 100% da Evapotranspiração de Referência (ET_o), sendo seu manejo realizado com base nas Equações 1, 2, 3 e 4; e os dados utilizados na estimativa da ET_o coletados diariamente na Estação Agrometeorológica automatizada, instalada próxima à área do experimento e credenciada ao Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA), sendo os dados disponíveis no site <http://www.sinda.crn2.inpe.br/PCD>.

Os dados mensais coletados durante o período de realização do experimento estão expressos na Tabela 4.

Tabela 4. Temperatura máxima do ar (T_{máx}), Temperatura mínima do ar (T_{min}), Umidade relativa do ar (UR), Velocidade do vento a dois metros de altura do solo (V), precipitação pluvial (P) e evapotranspiração de referência (ET_o), pelo método de Penman-Monteith, no período experimental de julho a dezembro de 2011. Catolé do Rocha/PB, 2012.

Mês	T _{máx} (C°)	T _{min} (C°)	UR (%)	V(m s ⁻¹)	P (mm)	ET _o (mm)
Jul/2011	32,04*	19,8*	80,8*	2,4*	94,67**	191,2**
Ago/2011	35,1	23,2	88,5	4,2	6,8	249,5
Set/2011	35,7	21,7	66,4	4,5	0,0	255,6
Out/2011	36,2	22,4	63,6	4,2	65,6	277,4
Nov/2011	35,5	21,9	73,7	3,6	31,4	232,3
Dez/2011	36,5	21,1	87,1	4,1	0,0	119,9
Total/média	35,2	21,7	76,7	3,8	198,47	1325,9

Dados obtidos na Estação Agrometeorológica Automatizada localizada no Campus IV, Catolé do Rocha/PB;

*Representação da média mensal; **Representação do acumulado mensal.

A Evapotranspiração de referência (Tabela 4) foi calculada pelo modelo de Penman-Monteith, ajustada por Allen et al. (1998) (Equação 1).

$$ET_o = \frac{0,48\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900U_2}{T + 273} \right) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

Em que: ET_o = Evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); R_n = radiação líquida na superfície da cultura ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$); G = fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$); Δ = inclinação da curva pressão vapor versus temperatura do ar ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); U_2 = velocidade do vento medida a dois metros de altura (m s^{-1}); T = temperatura ($^\circ\text{C}$); e_s = pressão de saturação do vapor d'água (kPa); e_a = pressão real do vapor d'água (kPa); γ = fator psicrométrico (MJ kg^{-1}).

Tabela 5. Evapotranspiração de referência (ET_o), precipitação total, precipitação efetiva e lâmina de irrigação aplicada nas culturas de mamona e amendoim durante todo ciclo. Catolé do Rocha/PB, 2012.

Tratam.	ET_o		Prec. Total	Prec. Efetiva	Lâm. de irrigação	
	-----mm/ciclo-----					
T1	1.325,9				975,3	
T2, T3	583,2				507,1	
T4	1.325,9*	583,2**			975,3*	507,1**
T5	1.325,9	629,4	198,4	148,8	975,3	557
T6	1.325,9	640,9			975,3	584,8
T7	1.325,9	645,7			975,3	604,1
T8	1.325,9	657,6			975,3	591,1

* ET_o e Lâmina de irrigação aplicada da cultura na mamona consorciada;

** ET_o e Lâmina de irrigação aplicada na cultura do amendoim consorciada.

A diferença na ET_o e na lâmina de irrigação aplicada na cultura do amendoim consorciado (Tabela 5) se deve, principalmente, às diferentes épocas de semeadura, onde em cada tratamento observou-se diferentes estádios fenológicos para o amendoim, sendo aplicado lâminas diferentes para cada fase. Ressalta-se, ainda, que houve a influência da precipitação distribuída durante o período de cultivo.

A lâmina bruta, intensidade de aplicação de água e o tempo de irrigação foram determinados pelas Equações 2, 3 e 4, respectivamente, propostas por Mantovani et al. (2006).

$$LB = \frac{ET_o \cdot K_c \cdot K_s}{E_f} - P_e \quad (2)$$

Em que: LB = lâmina bruta (mm dia⁻¹); ETo = evapotranspiração de referência segundo Penman-Monteith (mm dia⁻¹); Kc = coeficiente de cultura, conforme Doorenbos e Kassan (2000) para aplicação da ETo; Ks = percentagem de área molhada pelo emissor; Pe = precipitação ocorrida no período (mm); Ef = eficiência de irrigação.

$$Ia = \frac{n \times v}{ec} \quad (3)$$

Em que: Ia = intensidade de aplicação (mm h⁻¹); n = número de emissores por planta; v = vazão do emissor (L h⁻¹); ec = área ocupado pela planta (m²).

$$Ti = \frac{LB}{Ia} \quad (4)$$

Em que: Ti = tempo de irrigação (h); LB = lâmina bruta (mm dia⁻¹); Ia = intensidade de aplicação (mm h⁻¹).

3.5.2. Colheita da produção

A produção da mamoneira e do amendoim foi colhida manualmente, considerando-se a maturação completa dos frutos da mamona ‘BRS Energia’ e o ciclo do amendoim ‘BR-1’.

Na mamona a operação de colheita foi realizada em duas épocas, uma aos 128 dias após emergência (DAE) e a outra aos 156 DAE. Nesse processo, os cachos foram retirados das plantas quando estavam com os frutos 90% secos e, após, levados ao sol para secar os demais frutos (Figura 8A). Para o amendoim, a colheita iniciou-se aos 90 dias após semeadura, retirando todas as plantas, puxando-as com cuidado para não deixar vagens no solo (Figura 8B).



Foto: Alexson Filgueiras Dutra



Foto: Flaviana Gonçalves da Silva

Figura 8. Colheita dos cachos da mamona (8A) e das plantas de amendoim (8B). Catolé do Rocha/PB, 2012.

3.6. Variáveis analisadas

3.6.1. Taxa de crescimento e área foliar

A taxa de crescimento absoluto (TCA) da altura da mamoneira foi estimada pela equação apresentada por Benincasa (2003) e Floss (2004):

$$TCA = \frac{M_2 - M_1}{t_2 - t_1} \quad (5)$$

Onde: M_1 é a medida da altura da planta de mamona (Figura 9A) na época um (t_1) e M_2 a medida realizada em intervalos de 15 dias (t_2) até a época de florescimento pleno.

Para determinação da área foliar por planta (AF) foi realizado medições do comprimento da nervura principal de cada folha (Figura 9B) e os valores aplicados na Equação 6, proposta por Severino et al. (2005).

$$AF = 0,2622 \times C^{2,4248} \quad (6)$$

Em que: AF é a área foliar total por planta e C o comprimento em centímetros da nervura principal.

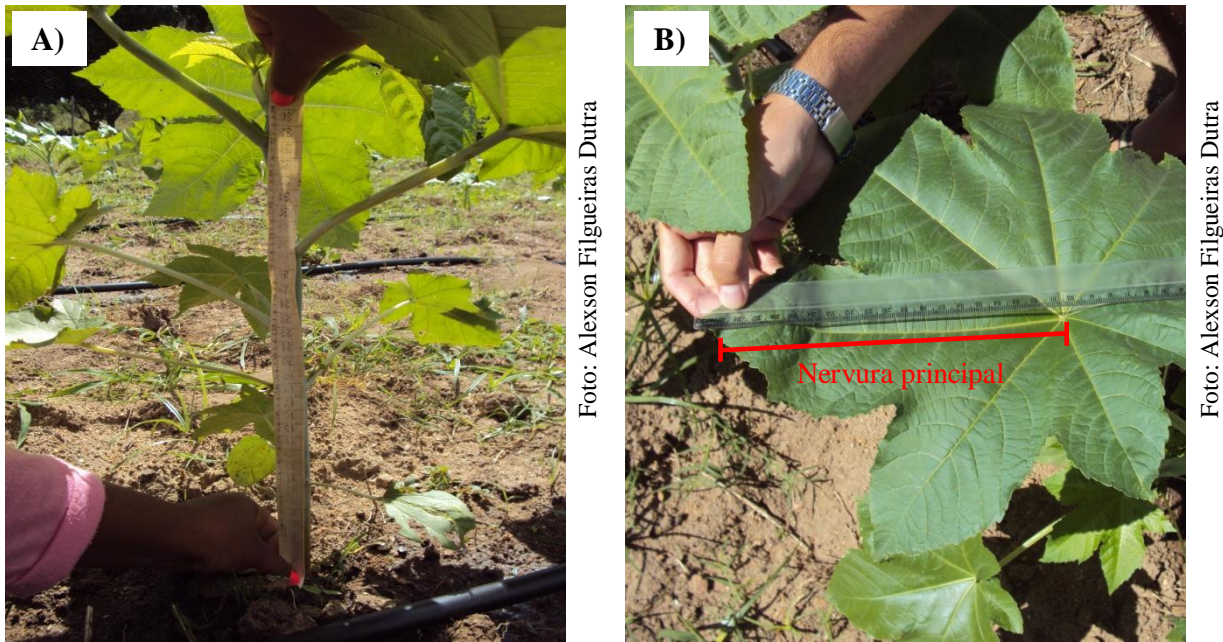


Figura 9. Aferição da altura de plantas de mamona utilizando fita métrica (A) e medição do comprimento da nervura principal com auxílio de uma régua graduada em centímetros (B). Catolé do Rocha/PB, 2012.

3.6.2. Produtividade

A produção da mamoneira e do amendoim foi colhida manualmente, considerando-se a maturação completa dos frutos da mamona ‘BRS Energia’ e o ciclo do amendoim ‘BR-1’.

Os dados de produção da mamoneira foram obtidos na coleta dos cachos das plantas da área útil da parcela e separação dos frutos obtendo-se, depois de sete dias de secagem ao sol, a massa dos frutos em casca, que foram descascados manualmente (Figura 10). A produtividade do amendoim foi determinada pela coleta das plantas da área útil e separação das vagens, obtendo após a sua massa (Figura 11).

Feito o descascamento dos frutos da mamona e a obtenção das vagens do amendoim, determinou-se a massa em gramas da mamona em grãos e do amendoim em vagem utilizando balança de precisão (0,1g). Após essa etapa, extrapolou-se a produtividade (kg ha^{-1}) que foi utilizada para determinação dos índices de avaliação da eficiência biológica.