

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

LUIZ ALVES DE LIMA JÚNIOR

**CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO MANSO EM FUNÇÃO DE SUSPENSÕES
DA IRRIGAÇÃO E DOSES DE POTÁSSIO**

FORTALEZA - CEARÁ

2011

LUIZ ALVES DE LIMA JÚNIOR

**CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO MANSO EM FUNÇÃO DE SUSPENSÕES
DA IRRIGAÇÃO E DOSES DE POTÁSSIO**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador: Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana

Fortaleza - Ceará

2011

L698c Lima Júnior, Luiz Alves de
Crescimento inicial do pinhão manso em função de suspensões hídricas e doses de potássio / Luiz Alves de Lima Júnior. – 2011.
59 f. : il. color. enc.

Orientador: Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana

Co-orientador: Prof.^a Dr.^a Albanise Barbosa Marinho

Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias. Depto. de Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2011.

1. Pinhão-manso 2. Biodiesel 3. Adubação 4. Estresse hídrico I. Viana, Thales Vinícius de Araújo (Orient.) II. Marinho, Albanise Barbosa (Co-orient.) III. Universidade Federal do Ceará – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola IV. Título

CDD 630

LUIZ ALVES DE LIMA JÚNIOR

CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO MANSO EM FUNÇÃO DE SUSPENSÕES DA
IRRIGAÇÃO E DOSES DE POTÁSSIO

Dissertação submetida à coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola, Área de concentração Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2011.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana
Universidade Federal do Ceará - UFC
(Orientador)

Profa. Dra. Albanise Barbosa Marinho
UNILAB
(Co-orientadora)

Dr. Luis Gonzaga Pinheiro Neto
Bolsista – PNPd – CAPES - UFC
(Conselheiro)

Dr. Luis de França Camboim Neto
Universidade Federal do Ceará - UFC
(Conselheiro)

Aos meus pais Luiz Alves de Lima e Irene Moreira de Freitas Lima, pela pelo amor e dedicação constante.

À minha filha Stefanny Lima Alves, por ser uma pessoa iluminada que sempre me dá provas de ter os sentimentos mais nobres.

Ao meus irmãos Umbertônio, Paulo e Andréia de Freitas, juntos comigo nessa caminhada.

À Efigênia Paula, pelo amor e por se revelar uma pessoa especial a cada dia.

AGRADECIMENTOS

À Deus e a Meishu Sama pelo dom da vida e por me dar consciência de que a desordem dos momentos difíceis vêm para edificar a essência do nosso ser.

À Universidade Federal do Ceará, pela oferta do Programa de mestrado e pelas boas condições para sua realização.

A Empresa Brasil Ecodiesel pelo apoio à pesquisa em sua Fazenda no Município de Crateús-CE.

Ao Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro, através de concessão de bolsa de estudo.

Ao professor Dr. Thales Vinícios de Araújo Viana que com exemplo, dedicação e generosidade, mostra-se compromissado com seu trabalho e sempre disponível aos que buscam seu auxílio.

À Dra. Professora co-orientadora Albanise Barbosa Marinho por ter auxiliado efetivamente no desenvolvimento da pesquisa além do seu carinho e preocupação durante os momentos mais difíceis, que juntamente com seu esposo José, serviu de estímulo e força para segui em frente.

Ao meu parceiro de experimento Clayton Carvalho, que esteve sempre junto nos anos em que se desenvolveu a pesquisa, contribuindo com sua experiência em projetos e análise de dados.

À Dr. Luis Gonzaga Neto, que no final do processo foi fundamental na conclusão do trabalho, com extrema dedicação.

Ao professor Dr. Luís de França Camboím Neto, que se fez presente desde o início do curso, ajudando principalmente na produção dos trabalhos.

Aos meus professores inesquecíveis, tendo cada um da sua forma,contribuíram para o meu crescimento, aos quais sou : Luiz Ricardo Lange Ness, Lucia de Fátima(Tia Lúcia), Solerne

Caminha, Luiz Alberto(Bebeto), Ivan Remígio, Francisco Limeira, Fátima, Claudivan Feitosa, Raimundo Nonato, Francisco Alves de Sousa, Benito Moreira, Marcos Esmeraldo, Marcus Bezerra.

Aos meus colegas de curso pela cumplicidade e amizade durante o curso: Jorgiana Ferreira, Kelly, Débora Camargo, Rochele, Adriana, Vidal, Kleiton Rocha, Hernandes Oliveira, Daniel Rodrigues, Haroldo Ferreira, Lobato, Alan Bernad, Jefferson, André Henrique, André Rufino, Aglodoaldo, Cley Anderson, Leila, Geocleber, Wanderley, Guilherme, Inez, Fernando, Luiz Carlos, Robevânia, Moacir, Rômulo, Paulo Élido, André.

Aos funcionários da UFC, Maurício, Aninha, Ivan, Willa, Fátima, Antônia, Jacó, Carlos, Crisostomo e Marilac.

A Sra. Edileuza, e seus filhos Thiago e Boanerges que se fizeram minha família em Crateús, tendo me recebido com tão generosa satisfação.

Aos Funcionários da Empresa Brasil Ecodiesel Gleyber Cartaxo e Hugo José, pelo apoio dado.

Aos meus familiares, em especial a Tia Lúcia, que durante esse processo tem mostrado que a vida pode até mudar o prumo dos nossos caminhos, mas sempre temos força de recomeçar uma nova caminhada.

À Maria das Graças (Baia), José Biligo, Márcia Cristina, por todo apoio e carinho.

À Tia Lindete *In memoria*, hoje me iluminando de outra forma.

Aos amigos de Luz: Minis. Fonseca, Núbia, Joctã do Couto, Hideke Okurara, Mércia, José Aparecido, Márcia Joca, Minis. Afonso, Marlene, Adriana Ototume e Gustavo Maia.

Aos amigos João Neto, Aristeu, Ana Paula, Sergiano Araújo, Paulo Holanda, Vanessa Alves e Rosivaldo pela amizade e apoio.

**“Do rio que tudo arrasta se diz que é violento,
mas ninguém diz que são violentas as margens
que o comprimem”.**

Bertold Brecht

RESUMO

CRESCIMENTO INICIAL DO PINHÃO MANSO EM FUNÇÃO DE SUSPENSÕES HÍDRICAS E DE DOSES DE POTÁSSIO

Uma das alternativas viáveis para a ocupação do espaço deixado pelo algodão é o cultivo do pinhão manso visando à produção do biodiesel. Entretanto, a pesquisa com o pinhão manso tem se limitado até hoje a disponibilizar informações básicas de plantio, tais como espaçamento e manejo de pragas. Face ao exposto, este trabalho tem como objetivos avaliar o efeito de suspensões hídricas e de dosagens de potássio, aplicadas via fertirrigação, no crescimento do pinhão manso. Os trabalhos foram conduzidos em área experimental da agroempresa Brasil Ecodiesel, no município de Crateús-CE. O delineamento estatístico utilizado nos dois experimentos foi o de blocos ao acaso. No experimento I analisou-se o efeito de diferentes momentos de suspensão da irrigação em diferentes épocas. Os tratamentos foram assim constituídos: sem suspensão da irrigação e suspensão aos 121, 106, 91 e 76 dias após a poda. As análises foram realizadas aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após a poda. No experimento II analisou-se o efeito de diferentes doses de potássio no desenvolvimento da cultura. Foram utilizadas as doses: 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente. A fonte de potássio utilizada foi o cloreto de potássio, que contém 60% de K₂O. As análises foram realizadas aos 30, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 DAPO. Após a poda de uniformização, realizaram-se análises quantitativas de crescimento-comprimento inicial do pinhão manso a partir do estudo da Fitomassa e do estado nutricional através de diagnose foliar. Inicialmente os dados para cada variável a ser analisada foram submetidos à análise de variância (Anava). Posteriormente, quando significativos pelo teste F, os efeitos dos níveis de irrigação e das adubações foram submetidos à análise de regressão buscando-se ajustar equações com significados biológicos. Na análise de regressão, as equações que melhor se ajustarem aos dados foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão a 1% (***) e 5% (*) de probabilidade pelo teste F e no maior coeficiente de determinação (R²). Também, foram feitas comparações de médias utilizando o teste de Tukey para os dados obtidos dos experimentos. Os estudos foram realizados com o auxílio de planilhas do Excel e utilizando o software “Assistat”. A irrigação diária proporcionou maior altura de plantas em relação aos tratamentos com suspensões da irrigação nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. O teor de K₂O na folha aumentou linearmente durante o período de avaliação. A aplicação de doses crescentes de cloreto de potássio proporcionou um aumento do teor de K₂O no solo.

PALAVRAS-CHAVE: *Jatropha curcas*. Biodiesel. Adubação. Estresse hídrico.

ABSTRACT

INITIAL GROWTH OF PHYSIC NUT DUE SUSPENSION IRRIGATION AND DOSES OF POTASSIUM

One of the viable alternatives to occupy the space left by the cultivation of cotton is aimed at producing physic nut biodiesel. However, research on physic nut has been limited until now to provide basic information on planting, such as spacing and pest management. Given the above, this study aims to evaluate the effect of water and suspensions of doses of potassium applied by fertigation on the growth of *Jatropha*. The experimental work were conducted in an experimental area of agribusiness Brazil Ecodiesel in the municipality of Crateús-CE. The statistical design used in different experiments were a randomized block with five treatments and four replications, with plot in time. In the first experiment examined the effect of different moments of suspension fluid. The treatments were well established: no irrigation suspension and suspension to 121, 106, 91 and 76 days after pruning. Analyses were performed on time at 30, 60, 90, 120 and 150 DAPO. In the second experiment examined the effect of doses of potassium fertilizer. Treatments consisted of two levels of 0, 50, 100, 150 and 200% recommended for culture (0, 25, 50, 75 and 100 kg K₂O ha⁻¹, respectively). The source of potassium used were potassium chloride, which contains 60% K₂O. Analyses were performed on time at 30, 60, 90, 120, 150, 180 and 210 DAPO. After pruning of standardization, there were quantitative analysis of growth-initial length of physic nut from the study of Biomass and nutritional status by leaf analysis. Initially, data for each variable to be examined were subjected to analysis of variance (ANAVA). Later, when significant by F test, the effects of levels of irrigation and fertilization were submitted to regression analysis seeking to fine-tune equations with biological meanings. In regression analysis, the regression equations that best fit the data were chosen based on the significance of regression coefficients at 1% (**) and 5% (*) of probability by F test and the highest coefficient of determination (R₂). Also, comparisons were made of means using the Tukey test for data from the experiment. These studies were conducted with the aid of Excel spreadsheets and using the software Assistat. The daily irrigation resulted in taller plants compared to treatments with suspensions of irrigation at different stages of crop development. The K₂O content in the leaf increased linearly during the evaluation period. The application of increasing doses of potassium chloride caused an increase of K₂O in the soil.

KEYWORDS: *Jatropha curcas*. Biodiesel. Fertilizer. Water stress.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Imagem de satélite da Fazenda Bandeira feita em 2007, onde foram desenvolvidos os experimentos.	27
Figura 2	Produção de mudas em sacos de polietileno.....	29
Figura 3	Poda (A), vista do experimento após a poda (B) e pincelamento da pasta bordalesa no corte da poda (C).....	30
Figura 4	Avaliação em campo do sistema de irrigação, Crateús, 2008.....	32
Figura 5	Croqui da área experimental.....	33
Figura 6	Comportamento da tensão da água no solo obtido pela média das leituras dos tensiômetros realizada desde a poda até os 210 dias, Crateús, 2009 e 2010.....	38
Figura 7	Análise de regressão para a estimativa da altura do pinhão manso em função da época, Crateús – CE, 2011.....	40
Figura 8	Análise de regressão para a estimativa do diâmetro do pinhão manso em função da época, Crateús – CE, 2011.....	40
Figura 9	Taxa de crescimento absoluto caulinar do pinhão manso em função da época de observação, Crateús – CE, 2010.....	41
Figura 10	Taxa de crescimento absoluto do diâmetro em função da época de observação, Crateús – CE, 2010.....	42
Figura. 11	Análise de regressão para a estimativa da altura do pinhão manso em função da época, Crateús-CE, 2011.....	43
Figura 12	Altura caulinar do pinhão manso em função das épocas de observação, Crateús – CE, 2010.....	45
Figura 13	Diâmetro caulinar do pinhão manso em função das épocas de observação, Crateús – CE, 2010.....	46
Figura 14.	Taxa de crescimento absoluto da altura caulinar do pinhão manso em função das épocas de observação, Crateús – CE, 2010.....	46
Figura 15	Taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar do pinhão manso em função das épocas de observação, Crateús – CE, 2010.....	47
Figura 16	Altura do pinhão manso em função da época de observação, Crateús – CE, 2010.....	47

Figura 17	Altura do pinhão manso em função das doses de potássio, Crateús – CE, 2010.....	48
Figura 18	Diâmetro do pinhão manso em função das doses de potássio, Crateús – CE, 2010.....	49
Figura 19	Concentração de K ⁺ obtida da análise foliar das doses em relação K ₂ O aplicadas no solo em função de época, Crateús – Ceará, 2010.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resultado da análise físico-química da água do poço utilizada na irrigação do experimento.....	28
Tabela 2	Características químicas do solo da área experimental, na camada de 0 -20 cm.....	28
Tabela 3	Características físicas do solo da área experimental, na camada de 0 -20 cm.....	29
Tabela 4	Valores médios mensais de temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento (U2), evaporação medida no tanque “classe A” (mm) e precipitação (mm) coletados na área experimental, Crateús, Ceará, agosto de 2009 a fevereiro de 2010.....	37
Tabela 5	Diferentes períodos e valores das lâminas aplicadas com base em 75% da evaporação do tanque classe A com a adição dos valores de precipitação recorrente durante o período nos tratamentos de suspensão hídrica, Crateús, CE, 2009-2010.....	38
Tabela 6	Resumo da ANOVA para as variáveis altura de plantas (cm), diâmetro do caule (cm), taxa de crescimento absoluto caulinar (TCAC) em cm dia^{-1} , taxa de crescimento absoluto de diâmetro caulinar em mm dia^{-1} (TCADC) e taxa de crescimento absoluto em fitomassa fresca epígea (TCAFFE) em $\text{cm}^3 \text{dia}^{-1}$ aos 150 DAPO.....	39
Tabela 7	Teste de média para altura (cm), diâmetro (cm) e TCAFFE ($\text{cm}^3 \text{dia}^{-1}$).....	44
Tabela 8	Resumo da análise de variância do K na folha do pinhão manso sob as doses aplicadas, Crateús – Ceará, 2010.....	44
Tabela 9	Características químicas do solo da área experimental, na camada de 0-20 cm, Crateús – Ceará, 2010.....	50
Tabela 10	Características químicas do solo da área experimental, na camada de 0-20 cm, no final do experimento.....	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Mudanças climáticas, crise do petróleo e biocombustíveis	17
2.2	Caracterização do pinhão manso (<i>Jatropha curcas</i> L.)	18
2.2.1	Centro de origem, distribuição e usos.....	18
2.2.2	Características botânicas.....	20
2.2.3	Análise de crescimento vegetal.....	22
2.3	Manejo da irrigação no pinhão manso	23
2.4	Adubação potássica	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1	Localização e caracterização climática da área experimental	27
3.2	Caracterização da água e do solo locais	28
3.3	Preparo do solo, plantio e condução da cultura	29
3.4	Adubações	30
3.5	O manejo da irrigação	31
3.6	Delineamento experimental	32
3.6.1	Experimento I – suspensão hídrica	34
3.6.2	Experimento II – dosagens de potássio.....	34
3.7	Análise estatística	34
3.8	Variáveis analisadas	35
3.8.1	Avaliação da fitomassa	35
3.8.2	Estado nutricional das plantas.....	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1	Dados climáticos	37
4.2	Experimento 01 – suspensão hídrica	37
4.3	Experimento 02 - adubação potássica	44
4.4	Avaliação do teor de potássio na folha	49
5	CONCLUSÕES	52
	REFERÊNCIAS	53

1. INTRODUÇÃO

Uma nova revolução energética está se iniciando, motivada pelos indícios de esgotamento dos combustíveis fósseis bem como pelo comprometimento do equilíbrio climático ambiental, causado pela emissão de gases poluentes oriundos da sua queima, tendo como substitutos, fontes de energias renováveis como os biocombustíveis. Assim, como em outros países, o Brasil vem criando políticas públicas que estimulam a utilização dessas fontes energéticas, beneficiado por apresentar um grande potencial agroclimático, e sua vasta extensão continental, e ainda pela sua disponibilidade de mão de obra, que pode ser utilizada dentro de uma perspectiva de inclusão social nos moldes da agricultura familiar.

Dentro do grande número de oleaginosas com potencial para a produção de biocombustíveis nas diversas regiões brasileiras, o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), planta xerófita, originária de regiões áridas, destaca-se pela sua adaptabilidade a vários estados brasileiros, produzindo, mesmo em menores escalas, sob condições adversas como baixa fertilidade do solo e quantidade de água disponível, condições comuns no Nordeste brasileiro.

Na região semiárida os plantios comerciais são muitas vezes inviáveis sem o uso da tecnologia de irrigação, mas esta tecnologia ainda é pouco utilizada por produtores de pinhão manso devido a sua maior onerosidade e falta de pesquisas que mostrem suas reais necessidades hídricas e viabilidade econômica. Dessa forma, o uso da irrigação pode trazer grandes vantagens, aumentando a produção, mantendo a oferta constante e melhorando o rendimento dos frutos. Principalmente se for utilizado sistema de irrigação como o gotejamentos, tendo em vista que a limitação da disponibilidade de água no semiárido faz-se necessárias práticas de redução do seu uso

Outro aspecto é o fato da estação chuvosa ser bastante irregular no sertão nordestino, sendo comuns interrupções abruptas das chuvas, constituindo os veranicos ou até mesmo estações com períodos muito curtos. Nessas condições, cultivos sem irrigação ficam bastante prejudicados, caso não haja uma suplementação hídrica. Por conseguinte, uma parte desta pesquisa procura analisar o comportamento inicial de crescimento do pinhão manso quando submetido a suspensão da irrigação.

O pinhão manso ocorre naturalmente em solos pobres, onde nessas condições consegue se desenvolver, mas sem apresentar alta produtividade. Entretanto, mostra-se produtivo quando é cultivado em solos com melhor fertilidade, muito embora as exigências

nutricionais da cultura ainda sejam pouco conhecidas, não existindo uma caracterização concreta da necessidade nutricional.

É sabido que a aplicação de uma adubação equilibrada com os macronutrientes; nitrogênio, fósforo e potássio, contribui para que a produtividade de uma cultura seja a esperada pelo produtor. O potássio, que aparece nas plantas na forma do cátion K^+ , é um importante regulador das funções celulares, onde é responsável pela ativação de várias enzimas que atuam na respiração, na fotossíntese e ainda na resistência contra a seca. É um nutriente muito requerido durante a fase reprodutiva, onde ocorre um maior requerimento pelas plantas. No pinhão manso, este é um dos mais requerido, tanto pelas folhas como pelos frutos, antecedido pelo nitrogênio e cálcio.

Dessa forma, o conhecimento da necessidade de requerimento do potássio pelo pinhão manso possibilita a aplicação desse nutriente na dosagem correta, que resultará num melhor funcionamento estomático. Isto beneficia a assimilação de CO_2 , levando a maiores taxas fotossintéticas que resulta em maiores quantidades de fotoassimilados produzidos. Por outro lado, o excesso de potássio pode inibir a absorção de Ca e Mg, levando a deficiência desses nutrientes nos vegetais, podendo acarretar declínio da produção. O Cátion K^+ , caracteriza-se ainda por ser muito solúvel, sendo facilmente lixiviado, e quando aplicado na forma de cloreto de potássio KCl, apresenta um risco ocasionar salinização do solo, levando a um desequilíbrio na solução do solo.

Neste contexto, o presente trabalho teve por finalidade avaliar o crescimento inicial do pinhão manso submetido à suspensões da irrigação e doses de adubação potássica sob condições semiáridas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mudanças climáticas, crise do petróleo e biocombustíveis.

Nas últimas décadas tem se intensificado as discussões acerca dos problemas e possibilidades quanto à questão energética, devido à ameaça de esgotamento dos combustíveis fósseis, e por ser a utilização deste a principal intervenção antrópica sobre o clima. Como aponta CADERNOS NAE (2005), a mudança climática global vem mostrando sinais de desequilíbrio. Este quadro de complicações ambientais aliadas às limitações do petróleo tem dado origem a uma nova revolução energética, que se diferencia das revoluções passadas pelo fato de se introduzir alternativas de energias que ainda não apresentam vantagens econômicas com relação ao petróleo e seus derivados. Desta forma o fator ecológico tem sido o responsável para a diversificação da matriz energética com alternativas que possam trazer menos riscos ambientais (SACHS, 2007).

Dentre diversas fontes de energias que estão sendo estudadas e exploradas, os biocombustíveis se configuram como alternativa viável e que pode provocar um re-arranjo dentro da conjuntura internacional de fornecimento de energia, onde países produtores de biocombustíveis podem formar um grupo nos moldes da Organização dos países exportadores de petróleo - OPEP (SILVA, 2007). No Brasil, esse despertar iniciou-se na década de 70, sobre influência da 2ª crise do petróleo, que estimulou a produção de biocombustíveis (BRIEU, 2009).

A produção agrícola de energia desconcentra a renda em relação ao petróleo e tem a possibilidade de resolver três grandes problemas do século XXI: enfrentar os desafios de energia sustentável; possibilitando a geração de emprego e renda e promovendo a proteção dos recursos naturais (BRASIL, 2005). O Brasil já se destaca entre as economias mundiais pela elevada participação das fontes renováveis em sua matriz energética, devido ao seu potencial hidrográfico com vários rios de planalto, sendo o maior país tropical do mundo, com grande potencial para a produção de energia a partir de biomassa vegetal (MAPA, 2005). No Ceará, na década de 80, teve a solicitação ao Instituto Nacional de Patentes Industriais - INPI da primeira patente de biodiesel e querosene vegetal de aviação, a nível mundial, mas que passou para o domínio público, devido ao tempo e desuso (PARENTE, 2003).

A Presidência da República instituiu por meio de Decreto um Grupo de Trabalho Interministerial encarregado de apresentar estudos sobre a viabilidade de utilização de biodiesel como fonte alternativa de energia. O programa nacional de produção e uso de

biodiesel - PNPB assenta sobre diretrizes: implantar um programa sustentável, promovendo inclusão social; garantir preços competitivos, qualidade e suprimento e produzir o biodiesel a partir de diferentes fontes oleaginosas e em regiões diversas (PNPB, 2004).

O Decreto nº 5.448 de 20 de maio de 2005 autoriza a adição de 2% de biocombustível ao diesel de petróleo, tornando-se obrigatório com a lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005 (BRASIL, 2005). Esse percentual seria mantido até 2008, entretanto, a disponibilidade de biocombustível diminuiu esse intervalo em 3 anos e com a Resolução nº 6, de 16 de setembro de 2009, ficou estabelecido que a partir de 1º de janeiro de 2010 o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel seria de cinco por cento, em volume (BRASIL, 2005).

Miki (2009), mostra que dentro do programa algumas ações são diferentes das propostas pelo programa, como a predominância da soja como matéria prima para o biodiesel, produzido em grande escala, fora dos parâmetros da agricultura familiar, e ainda sem levar em conta a diversidade de matérias primas, considerando que monoculturas não condizem com a sustentabilidade ambiental. Isso mostra que o fator econômico ainda é o pilar mais importante no PNPB, 2004. Por outro lado, a descoberta do pré-sal, que amplia o potencial de reserva de petróleo, desviou a atenção sobre os biocombustíveis (BIZ, 2010). Além da carência de pesquisa e dos altos custos de produção, a incerteza sobre o apoio no âmbito social pelo programa de biodiesel é vista como uma barreira para grandes investimentos (GEXSI, 2008).

2.2 Caracterização do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)

2.2.1 Centro de origem, distribuição e usos

A origem do nome pinhão manso vem do fato das sementes, diferentemente do pinhão roxo que tem suas sementes expelidas com força pelo secamento do fruto, ficam armazenadas dentro do fruto mesmo após sua maturação. O pinhão manso tem sido considerado uma espécie importante para a produção de biodiesel. No Brasil possui várias denominações como purgueira, pinha-de-purga, pinhão do Paraguai, pinhão-de-cerca, pião, pinhão-do-inferno, figo-do-inferno, grão-de-maluco, pinhão-das-barbadas, purgante de cavalo, manduigaçu, mandubiguaçu, sassi, turba, tartago, medicineira, tapete, siclitê e pinhão-croá (RESENDE et al., 2009).

É provável que o Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.) tenha a América Central como centro de origem. De acordo com Gexsi (2008), foram os portugueses que introduziram

o pinhão manso no Brasil. Hoje este ocorre em vários continentes, nas zonas tropicais e subtropicais, tendo sido levado também pelos portugueses do Caribe às ilhas do Cabo Verde, de onde ocorreu sua distribuição pela África e Ásia (HELLER, 1996). Entretanto, ainda não foi encontrado nenhum dado concreto que comprove sua origem (JONGSCHAAP, 2007).

O pinhão manso destaca nas Ilhas de Cabo Verde, se desenvolvendo desde o nível do mar até 1000m de altitude, em vários tipos de situações como terrenos de encosta, áridos, solos úmidos, embora apresente melhor desenvolvimento entre as altitudes de 600 e 800m (EPAMIG, 2003). A espécie encontra-se bem adaptada em todos os Estados da Índia, onde através de ações governamentais, estimula-se sua produção buscando alternativas para segurança energética a longo prazo, apoiado por numerosas pesquisas, tanto do setor público como privado. (SUNIL, 2008).

A espécie possui vasta distribuição geográfica, devido a sua rusticidade e resistência à seca e às longas estiagens, adaptável às adversidades de solo e clima, sendo seu desenvolvimento favorecido por altas temperaturas e umidade, como também por solos mais férteis. Sobrevivem em condições adversas, mas com significativa redução da produção (RESENDE et al., 2009).

Pelo levantamento feito pela EPAMIG e CETEC, até 1982, quando ainda não era explorado em escala maior, o pinhão manso ocorria apenas próximo às residências em áreas rurais, tendo em vista sua utilização para a fabricação de sabão, iluminação residencial e cerca viva. A maior ocorrência foi observada entre latitude de 14° 15'S e 20°0'S e longitude 40°2'W e 45°0'W, com maior frequência no norte de Minas e Vale do Jequitinhonha (SATURNINO, 2006). Segundo estudos feitos pelo GEXSI (2008) a maior área cultivada de pinhão manso na América Latina, encontra-se no Brasil, seguido pelo México, Colômbia e Guatemala. Os Estados brasileiros mais indicados para o cultivo do pinhão manso são: Ceará, Piauí, Bahia, Tocantins, Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso. Porém, a distribuição da espécie nessas regiões se dava de forma esporádica e dispersa, não se verificando a presença de adensamentos em nenhuma das áreas pesquisadas.

Segundo Drummond (1984), é uma planta tipicamente tropical, melhor adaptada às regiões quentes. Ocorre, onde o verão é quente com períodos secos bem definidos, mas suportam bem o frio do inverno, como o nordeste de São Paulo e o Paraguai. Também há registros de cultivos em Minas Gerais, onde tolerou a ocorrência de leves geadas, sem que houvesse a perda de suas folhas.

Diferenciando da maioria das oleaginosas cultivadas e representando uma grande vantagem, o pinhão manso é uma cultura perene, com ciclo de vida produtivo de aproximadamente 35 anos. Sua produtividade inicia-se aos oito meses, mas produz satisfatoriamente a partir do segundo ao quarto ano. Entretanto, deve-se ressaltar que essa produtividade está atrelada ao regime de chuvas, a umidade disponível e a fertilidade do solo (CARNIELLI, 2003; DRUMMOND, 1984). Segundo estudos realizados pela Agência Jatropha Reality Check (2006), a característica de grande adaptabilidade e resistência à seca, não é garantia de altas produtividades.

2.2.2 Características botânicas

Assim como a mamona e a mandioca, o pinhão manso é uma dicotiledonea, caducifólia, pertencente à família das euforbiáceas, que se desenvolve em diferentes condições edafoclimáticas. É um arbusto de grande porte, crescimento rápido, podendo alcançar até cinco metros de altura em condições especiais. O gênero *Jatropha* conta com aproximadamente 170 espécies conhecidas. Sua denominação vem do Grego jatrós (doutor) e trophé (comida), em alusão às suas propriedades medicinais (CORTESÃO, 1956; HENNING, 2004; PUTTEN, 2010). Segundo Henning (2004), existem 03 variedades de *Jatropha curcas* L.: a variedade encontrada em Cabo Verde, com maior dispersão pelo mundo, a observada na Nicarágua, caracterizada por apresentar frutos maiores e a existente no México, que pode ser consumida após torração.

Seu caule é desenvolvido, mas pouco resistente apresentado um diâmetro de até 30 cm. Apresenta muitas ramificações laterais, que ocorrem desde a base, e lenho liso e tenro, dotado de vasos lactíferos, que se prolongam até as raízes nos quais circula uma seiva cáustica, de aspecto leitoso que emerge por simples arranhão na casca (CORTESÃO, 1956; DRUMMOND, 1984).

As folhas são verdes e brilhantes, largas com 03 a 05 lóbulos mucronados, alternadas, pecioladas. As nervuras são esbranquiçadas e salientes na face inferior da lâmina folhear. Como mecanismo de defesa, na falta de água, a planta pode perder completamente suas folhas, surgindo intensa brotação com a incidência de chuvas ou irrigações (EPAMIG, 1984).

As flores são monóicas, pequenas e amarelo-esverdeadas, dispostas em cimeiras floridas. As flores masculinas situam-se na extremidade da inflorescência. Seu cálice tem 05

pétalas oblongo-ovaladas e 08 a 10 estames, em 02 verticilos. As flores femininas apresentam-se com pedúnculo longo, não articulado, ao contrário das flores masculinas, localizando-se nas ramificações de pétalas livres, oblongo-obtusas, ovário glabro constituído de 03 carpelos, estilete curto unido na base (EPAMIG, 2003). Pelos resultados de Lucena (2010), as inflorescências do pinhão manso surgem junto com as folhas novas sendo que a primeira delas surge no ápice do caule e as demais nos ramos secundários e assim por diante, conforme o surgimento de novas brotações (HELLER, 2002). Segundo Paiva Neto (2010), a importância da presença dos insetos na polinização do pinhão manso, pois as flores masculinas e femininas, na mesma inflorescência, abrem em períodos diferentes.

O fruto é uma cápsula ovóide tricoca, achatada nas extremidades, de 1,8 a 2,2 cm de largura e 2,6 a 3,0 cm de comprimento quando seco e 2,0 a 3,0 cm de largura com 3,0 a 4,0 cm quando fresco. É indeiscente, inicialmente verde, passa a amarelo, castanho e por fim preto, quando atinge o estágio de maturação (EPAMIG, 2003).

As sementes são oblongas e elipsóides, corte transversal subtriangular; finamente rugosa; as sementes secas medem em torno de 1,5 a 2,0 cm de comprimento e 1,0 a 1,3 cm de largura; tegumento rijo, quebradiço, geralmente mais grosso na face central e nas extremidades; no lado interno do invólucro da semente existe uma película branca que cobre a amêndoa; albúmen abundante, branco, oleaginoso com 38% de óleo, dividido em duas metades pelo embrião (EPAMIG, 2003).

O ciclo produtivo do Pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) além de ser muito variável, tendo em vista sua variabilidade genética, depende ainda da forma de plantio. Este pode ser feito vegetativamente, através de estacas, que tem como benefícios: maior homogeneidade entre as plantas, e início do ciclo reprodutivo mais curto, mas resultando um sistema radicular mais sensível e superficial. A propagação feita a partir de sementes tem a desvantagem de originar plantas desuniformes apresentando, no entanto o sistema radicular mais profundo com raiz pivotante e abundante, que resulta em plantas mais estabilizadas e com maior potencial para a obtenção de água e nutrientes, explorando volume maior do solo. As sementes utilizadas devem ser coletadas de plantas vigorosas, que apresentem boa produtividade. Devem ser feitas em viveiros, que propicia melhores condições na fase inicial, e resultará em plantas mais equilibradas. Quanto à propagação por estacas, deve ser retirada de plantas com mais de 2 anos de idade; de galhos lenhosos, devendo-se optar pelos mais próximos a base; com casca lisa e brilhante de aproximadamente 40 a 50 cm de comprimento (EPAMIG, 2003).

O pinhão manso também pode ser micro propagado. Essa técnica garante a criação de um grande número de plantas geneticamente idênticas à matriz, com as características desejadas. Da mesma forma como em estaquia, exige a estimulação hormonal para induzir o enraizamento, que se caracteriza ainda por ser uma tecnologia sofisticada com a utilização de produtos químicos caros (PUTTEN, 2010).

A poda é uma pratica importante no cultivo do pinhão manso, pelo fato deste apresentar suas estruturas reprodutivas nos ápices dos ramos. Dessa forma, aumentando o número de ramos, aumenta-se também o número de flores que resultara em uma maior produtividade. Além disso, o controle do tamanho da copa favorece a colheita. (CORTESÃO, 1956; MELO et al., 2008). Segundo Alves et al., (2008), o pinhão manso responde bem a poda de manutenção, devendo ser realizada antes do período de chuvas no caso de cultivo em sequeiro.

2.2.3 Análise de crescimento vegetal

O crescimento é identificado como o aumento de tamanho ou peso e tem caráter quantitativo. Segundo Cairo (2008), a análise de crescimento vegetal do ponto de vista agrônômico possibilita o conhecimento das diferenças funcionais e estruturais entre cultivares de uma mesma espécie, sendo útil ao estudo do comportamento vegetal sob diferentes condições ambientais, permitindo a seleção de espécies para determinado fim. A análise quantitativa de crescimento vegetal é considerada como método padrão para estimar a produtividade biológica e primária de plantas isoladas.

A análise de crescimento clássica não destrutiva possibilita a avaliação de vegetais sem a sua destruição, e os mesmos indivíduos são avaliados durante o seu ciclo biológico, feita com base na coleta de valores primários como altura de plantas e diâmetro caulinar, por simples medições. Esse tipo de análise pode ser utilizada para avaliar estudos desde melhoramento genético a manejos culturais como irrigação e adubação, aferindo também sobre as influências ambientais como precipitação, temperatura e umidade relativa (SILVA et al., 2000).

2.3 Manejo da irrigação no pinhão manso

O pinhão manso é considerado uma planta tolerante à seca, que se desenvolve em vários tipos de solos, mas essas condições são limitantes ao pleno desenvolvimento, podendo inclusive provocar a perda de suas folhas e paralisar o seu crescimento, sobrevivendo apenas da água armazenada em seus tecidos. Cresce numa faixa pluviométrica entre 480 e 2.380 mm por ano, tendo sua produtividade aumentada com valores acima de 600 mm de chuva por ano (SATURNINO et al., 2005). Dessa forma, para que essa cultura atinja seu potencial e seja explorada em regiões onde a água é fator limitante, é preciso que seja feito um suprimento adequado de água.

A partir do momento da interrupção do fornecimento, o conteúdo de água no solo começa a diminuir, pela ação da evapotranspiração, diminuindo também a facilidade de absorção pelas raízes. Assim, a irrigação deve manter a umidade na zona da raiz próxima a capacidade de campo, com um intervalo máximo, chamado de déficit hídrico tolerável, e a capacidade de campo, o qual depende do tipo de cultura, do solo e da evapotranspiração (GOMES, 1997).

O clima é um fator decisivo para determinação das necessidades hídricas das culturas, que são obtidas através da taxa de evapotranspiração, dada em mm.dia^{-1} , que está relacionada com a demanda evaporativa do ar. Essa demanda pode ser correlacionada com a evapotranspiração de referência (ET_o), que indica o efeito do clima sobre o nível da evapotranspiração da cultura. A ET_o representa a taxa de evapotranspiração de uma área extensa coberta por grama, em ativo crescimento e pode ser calculada pelo método Tanque de evaporação, através da equação 01. Os dados necessários são: a evaporação do tanque (mm.dia^{-1}); a umidade relativa média (U) em porcentagem; velocidade média do vento (VEL), em km.dia^{-1} e informações do tipo de vegetação da área circundante ao tanque (Doorenbos, 1994).

$$ET_o = ECA \cdot k_p \quad (01)$$

Em que:

ET_o: Evapotranspiração de referência, em mm.dia^{-1} ; ECA: Evaporação do tanque classe “A”, em mm.dia^{-1} e k_p : Coeficiente do tanque, adimensional.

O tanque USWB Classe “A” tem a forma de um cilindro, em aço inoxidável, chapa N° 22, com 121 cm de diâmetro interno e 25,5 cm de profundidade. Sua instalação deve ser

feita sobre um estrado de madeira, com 15 cm de altura, e cheio de água até o máximo de 5 cm abaixo da borda superior (BERNARDO et al., 2006; GOMES, 1997).

O uso do tensiômetro é um método direto para determinação da tensão da água no solo ou potencial matricial, e indireto para a porcentagem de água. Composto basicamente de uma cápsula de cerâmica ligada por meio de um tubo a um manômetro onde se realizam as leituras das tensões da água no solo ou um adaptador de borracha flexível onde se conecta um tensímetro. Além da praticidade, pode ficar junto às raízes das plantas com monitoramento constante e ainda apresentam baixo custo (BERNARDO et al., 2006; GOMES, 1997). Segundo Bernardo et al., (2006) uma restrição quanto ao uso de tensiômetros se deve pelo fato da maioria apresentar limite de leitura até 0,75 atm. Passado desse valor pode ocorrer a escorva com a entrada de ar, impedido uma leitura correta.

Embora se caracterize por ser uma planta apta a se desenvolver em regiões secas, quando utilizada para obter altas produtividades o pinhão manso carece de um satisfatório abastecimento de água no solo. Isso foi constatado por Evangelista (2009), que analisando a produtividade do pinhão manso com a aplicação de diferentes lâminas de água, calculadas com base na porcentagem de evaporação medida do tanque Classe A, obteve uma produtividade de 192,1 kg ha⁻¹ para a lâmina equivalente a 120% da evaporação do tanque, com um turno de rega de 3 dias, no primeiro ano de cultivo. Este considera ainda que a região onde foi desenvolvido o experimento, apresenta um índice pluviométrico considerável, acima de 1000 mm anual, o que mostra a resposta do pinhão manso frente a disponibilidade de água no solo.

Araújo (2009), analisando o desenvolvimento inicial do pinhão manso, constatou um aumento no diâmetro da copa, do caule e da altura da planta quanto submetido à irrigação em detrimento às desenvolvidas sobre sequeiro, mas não representou diferença significativa. Segundo Luís (2009), que analisando os efeitos do estresse hídrico sobre os fatores bioquímicos e ecofisiológicos, constatou que na condição de estresse o pinhão manso reduz a taxa fotossintética, principalmente devido à diminuição da condutância estomática e dos teores de aminoácidos e proteínas. No entanto, recupera as taxas iniciais com o fim do estresse hídrico.

Em trabalho desenvolvido na região de Tangará da Serra-MT Dalchiavon et al. (2009), analisando o crescimento do pinhão manso na época de chuvas, com uma média mensal de precipitação de 230,13 mm constataram que as variáveis climáticas, de temperatura e precipitação possuem relação direta com o crescimento inicial do pinhão manso, onde o mês

com menor precipitação apresentou as menores taxas médias de crescimento diário (TMCD) equivalente a $0,69 \text{ cm dia}^{-1}$.

2.4 Adubação potássica

O potássio é um dos seis macronutrientes essenciais às plantas. Atua na abertura e fechamento estomático, na fotossíntese, na respiração, nas sínteses e fixação simbiótica de nitrogênio, e no transporte e acúmulo de carboidratos e outros produtos. É um importante elemento para obtenção de boas colheitas contribuindo significativamente para aumentar o teor de óleos, gorduras e proteínas; estimulando o enchimento de grãos, além de possibilitar melhor utilização de água e fortalecer a planta na resistência à seca, geadas, pragas e doenças (MALAVOLTA, 1997). Em oposição a essa necessidade, ocorre a carência desse nutriente em muitos solos brasileiros bastante intemperizados, que apresentam níveis abaixo dos exigidos pelas culturas, fazendo-se necessárias a sua aplicação. Para tanto, um diagnóstico preciso dessa deficiência é muito importante para se proceder a uma recomendação correta (NACHTIGALL, 2005).

O potássio pode ser considerado o nutriente mais móvel no sistema solo-planta-atmosfera, principalmente na planta. O excesso de água pode causar perdas por lixiviação. Esse fato diferencia o potássio dos demais elementos, essa mobilidade pode ser observada pelo fato deste encontrar-se na forma iônica, solúvel em água. Também merece atenção a relação deste com os demais cátions, principalmente o cálcio e o magnésio, que afetam diretamente os teores de potássio no solo. Assim, quanto maior os teores de Ca e Mg, menor será a disponibilidade de K. No entanto, se faltar Ca, a absorção de K é prejudicada. Ele é ainda constituinte de muitos minerais do solo, mas na forma não assimilável, quando do total de potássio no solo apenas 1 à 2% está na forma trocável. (MALAVOLTA, 2005; MIELNICZUK, 2005; OSAKI, 1991; PRIMAVESI, 1982; RAIJ, 1982).

Segundo Mielniczuk (2005), a partir da abordagem sobre o manejo conservacionista da adubação potássica, deve-se rever o uso de potássio em sistemas onde haja um manejo mais conservacionista do solo. Tendo como característica a diminuição de revolvimento do solo, a incorporação de matéria orgânica e manutenção de cobertura vegetal, esse sistema possibilita o aumento da matéria orgânica que potencializa a CTC, e juntamente com o aumento do pH pela calagem, irá aumentar o K trocável que será depois passado para a solução.

O teor de potássio nos adubos é expresso em óxido (K_2O) e não como potássio elementar. O cloreto de potássio é o mais empregado na adubação. Muito solúvel, sendo comercializados em dois tipos com concentrações variando de 48 a 50% e outro com 60 a 62%. Devido a sua solubilidade, é facilmente lixiviado, fazendo se necessário parcelamento de sua aplicação, principalmente em solos arenosos com pequeno poder absorvente (OSAKI, 1991).

A Epamig (2003) ressalta que no plantio do pinhão manso, o enriquecimento do solo com matéria orgânica pode ser feito com o aproveitamento dos resíduos da própria extração do óleo, que apresenta elevados níveis de NPK.

Segundo Oliveira (2008), a partir de 2005 foi dada mais ênfase às pesquisas sobre nutrição do pinhão manso. Laviola & Dias (2008), estudando a absorção de nutrientes pelo pinhão manso constatou que ele apresenta a seguinte ordem de acúmulo de nutrientes em folhas e frutos respectivamente $N > Ca > K > Mg > P > S > Mn > Fe > B > Zn > Cu$ e $N > K > Ca > P \geq Mg > Fe > B > Zn > Cu$. Por outro lado, avaliando os sintomas de deficiências de macro e micro nutrientes em mudas de pinhão manso cultivadas com solução nutritiva com a técnica do elemento faltante, Silva (2009) constatou a seguinte ordem de nutriente que limitam a produção de matéria seca: $Ca > Mg > K > N > P > S$, para macronutrientes; e $Fe > Cu > Zn > Mn > B$, para micronutrientes.

No caso específico dos sintomas apresentados pela deficiência do potássio, as folhas mais velhas apresentaram-se com clorose marginal, seguidas de necrose. De acordo com Nascimento et al., (2010), que estudaram o efeito de doses de potássio até os 180 dias após semeadura, verificou redução linear nas variáveis de crescimento analisadas com aumento da quantidade de potássio. Evangelista et al. (2009) estudando doses de potássio em pinhão manso de 30, 60, 90, e 120 $kg\ ha^{-1}$ em um latossolo vermelho distroférico, não obteve diferença significativa sobre a produtividade, tendo como justificativa a presença de um teor considerável de potássio no solo na fase inicial de estabelecimento do experimento correspondente a 101 $mg\ dm^{-3}$. Já Daniel (2009), testando diferentes doses de potássio, não obteve diferença significativa quanto ao aumento do diâmetro mas, analisando a altura dos ramos, encontrou uma relação quadrática quanto as doses aplicadas.

Mudas de pinhão manso submetidas a crescentes níveis de salinidade demonstraram uma grande redução dos níveis de potássio nas folhas induzido pelo acúmulo de sódio (SILVA, 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização climática da área experimental

Os experimentos foram instalados na Fazenda Bandeira, na área de pesquisa da Empresa Brasil Ecodiesel, localizada na Serra dos Tucuns no município de Crateús, no estado do Ceará. As coordenadas geográficas da área são $05^{\circ} 23' 25''$ S e $40^{\circ} 57' 38''$ W, e 717 m de altitude.(Figura 1).

A região apresenta vegetação de caatinga, mata virgem, sendo o cultivo de pinhão manso da agroempresa o primeiro cultivo comercial da região.



Figura 1 - Imagem de satélite da Fazenda Bandeira feita em 2007, onde foram desenvolvidos os experimentos.
FONTE: Google Earth 2010.

Segundo a classificação de Köopen, o clima da região é BSw'h', tropical quente, semi-árido, caracterizado por apresentar duas estações bem definidas, uma seca e a outra chuvosa, predominado de fevereiro a abril.

Durante o período experimental, compreendido de agosto de 2009 a fevereiro de 2010, as variáveis climáticas velocidade do vento, umidade relativa do ar, temperatura, precipitação e evaporação foram monitoradas diariamente na sede da fazenda.

3.2 Caracterização da água e do solo locais

A água utilizada na irrigação provinha de um poço, com 180m de profundidade, localizado na própria fazenda, junto à área experimental. No início do experimento, realizou-se a análise da mesma no laboratório de Análises de solo e água da Universidade Federal do Ceará - UFC. As suas características físico-químicas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise físico-química da água do poço utilizada na irrigação do experimento

				mmol _c L ⁻¹				dS m ⁻¹		mg L ⁻¹		Classificação
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	CE	RAS	pH	SD	
0,19	0,16	0,17	0,10	0,42	0,01	0,2	-	0,062	0,42	6,8	62	C ₁ S ₁

Análise realizada pelo laboratório de solo e água da Universidade Federal do Ceará – UFC. 2008.

Antes da instalação do experimento, retirou-se amostra do solo para análises. De acordo com os resultados, realizaram-se os cálculos para as devidas correções da acidez, da deficiência dos macronutrientes e para a diminuição dos teores de alumínio. Nas Tabelas 2 e 3, podem ser visualizadas as características físico-químicas do solo, respectivamente, na profundidade de 0-20cm. Segundo Embrapa (1999), os solos dessa região apresentam elevados níveis de alumínio.

Tabela 2 – Características químicas do solo da área experimental, na camada de 0-20 cm

pH	Complexo sortivo (cmol _c dm ⁻³)				cmol _c dm ⁻³	mg dm ⁻³		g kg ⁻¹
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ²⁺	S	Al ³⁺	P	K ⁺	MO
4,5	1,4	1,4	3,0	5,9	1,0	5,0	31	5,2

Análise realizada pelo laboratório de solo e água da Universidade Federal do Ceará – UFC. 2008.

Tabela 3 – características físicas do solo da área experimental, na camada de 0-20cm

g cm ⁻³		Umidade g 100g ⁻¹		Granulometria g kg ⁻¹					
Densidade Real	Densidade aparente	CC	PMP	Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila natural	Classificação textural
1,65	2,66	13,24	5,27	615	307	49	29	17	Areia

Análise realizada pelo laboratório de solo e água da Universidade Federal do Ceará – UFC. 2010.

3.3. Preparo do solo, plantio e condução da cultura

Inicialmente, incorporou-se no solo 2.000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, para correção da acidez. A aplicação, realizada no dia 17 de setembro de 2008, foi a lanço, sendo seguida por aração e gradagem cruzada.

A produção das mudas foi iniciada no dia 25 de setembro de 2008 (Figura 2), com o plantio de três sementes por saco, oriundas de matrizes da própria fazenda. Observou-se um percentual de germinação de 93,43%, e aos 35 dias após a germinação realizou-se o desbaste das mudas, deixando-se apenas uma planta por saco.



Figura 2 – Produção de mudas, em sacos de polietileno.

O transplântio das mudas para o campo foi realizado no dia 9 de janeiro de 2009, no início da estação chuvosa. Utilizou-se um espaçamento de 2 x 3 m, totalizando uma densidade de plantio de 1.666 plantas ha⁻¹.

Os tratos culturais adotados durante o experimento seguiram o padrão da Fazenda, sendo que o controle das ervas daninhas nas fileiras de plantas foi feito através de capinas. Já nas entrelinhas, aplicava-se o herbicida glifosato na dosagem de 200 ml para cada 20L de água.

No decorrer do experimento, ocorreu a presença das seguintes pragas: cigarrinha verde (*Empoasca sp*), percevejos (*Pachicoris torridus*) e ácaro branco (*Polyphagotarsonemus latus*). O controle químico das pragas foi realizado através da utilização do endossulfan, aplicado via pulverizador costal manual, com uma diluição de 0,1%, ou seja, 0,02 ml de endossulfan em 20 L de água.

Em 21 de julho de 2009 aos 192 DAP, para uniformizar o crescimento da cultura, realizou-se uma poda, onde foram retirados todos os ramos laterais, deixando-se apenas o ramo principal com uma altura de 0,3 m acima do solo. Após o corte, os ramos foram pincelados com pasta bordaleza, composta de 50% de sulfato de cobre e 50% de calcário, para evitar o ataque de doenças (Figura 3 A, B e C).



Figura 3 - Poda (A), vista do experimento após a poda (B) e pincelamento da pasta bordaleza no corte da poda (C).

3.4 Adubações

Após o transplântio das mudas para o campo, realizou-se uma adubação com 400 kg ha⁻¹ NPK na formulação 8:30:20, em conformidade com a recomendação e com o manejo praticado pela Fazenda. As adubações seguintes foram realizadas após a poda e aos 150 DAPO, sendo o fósforo aplicado em dose única (após a poda). O nitrogênio e o potássio foram parcelados em duas aplicações, sendo 40% do valor na primeira e os 60% restantes na segunda aplicação aos 150 DAPO.

No experimento com suspensão hídrica, não houve diferenciação entre os tratamentos quanto a adubação após a poda, tendo sido aplicados as seguintes quantidades de adubo: 44,4 kg ha⁻¹ de uréia, 95,2 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio, 120 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo e 86,2

kg ha⁻¹ cloreto de potássio, conforme recomendação a partir da análise de solo (o que propiciou 50 kg ha de cada nutriente: N, P₂O₅ e K₂O).

No experimento com doses de potássio houve diferenciação em conformidade com os tratamentos, tendo sido aplicado 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O.

3.5 O manejo da irrigação

O sistema de irrigação instalado foi do tipo gotejamento. Instalaram-se dois gotejadores autocompensantes por planta com vazões de 4 e de 8 L h⁻¹, distanciados um do outro de 0,3 m na linha e a 0,1 m da planta. O sistema de irrigação foi operado com uma pressão de serviço em torno de 20 mca.

Para verificar a eficiência da aplicação de água pelo sistema de irrigação utilizado e aperfeiçoar a quantificação do tempo de irrigação a ser adotado realizou-se uma avaliação do sistema. Para isso foram utilizados coletores de plástico (Figura 5), proveta graduada e cronômetro digital. A metodologia utilizada foi a proposta por Keller & Karmeli e modificada por Denículi et al. (1980) que apresenta uma maior representatividade de pontos coletados e segundo Bernardo et al. (2007) resultando assim em valores mais precisos.

Em conformidade com esta metodologia, foram feitas coletas hídricas na primeira a 1/3, a 2/3 e na última linha da área experimental. Em cada uma dessas linhas, realizaram-se coletas no primeiro par de gotejadores e nos localizados a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 e no final da linha.

Com o volume coletado desses pontos, calculou-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen – CUC, obtendo-se um valor de 91,04% (Equação 01).

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum |q_i - \bar{q}|}{n \cdot \bar{q}} \right) \quad (01)$$

Em que:

CUC é o coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %; q_i é a vazão de cada gotejador, em L h⁻¹; e \bar{q} é a vazão média dos gotejadores, L h⁻¹; e n é o número de gotejadores.

A quantificação da água necessária à irrigação foi realizada a partir da evaporação medida em um tanque classe A. O tempo de irrigação foi calculado diariamente conforme a equação 2:

$$CUC = \frac{(0,75 \cdot ECA \cdot El \cdot Ep \cdot Fp)}{(Ei \cdot Qg)} \quad (02)$$

Em que:

Ti é o tempo de irrigação, em h; ECA é a evaporação medida no tanque classe A, em mm dia⁻¹; El é o espaçamento entre linhas de plantas, 3,0 m; Ep é o espaçamento entre plantas, 2,0 m; Fc é o fator de cobertura do solo (0,3 dos 0 a 90 DAPO; 0,5 dos 91 aos 150 DAPO; 0,7 a partir dos 150 DAPO); Ei, é a eficiência de irrigação, 91,04; Qg é a vazão dos gotejadores por planta, em L h⁻¹ (12 L h⁻¹).



Figura 4 – Avaliação em campo do sistema de irrigação. Crateús, 2008

Com a finalidade acompanhar o potencial mátrico do solo, instalou-se no experimento com suspensão hídrica 15 tensiômetros de punção, a uma profundidade de 20 cm e a 10 cm da planta, sendo três por tratamento.

As leituras do potencial mátrico foram realizadas antes das irrigações, durante todo o experimento, por meio de um tensímetro digital portátil.

3.6 Delineamento experimental

A pesquisa constituiu-se de dois experimentos distintos e adjacentes, sendo que no primeiro os tratamentos aplicados foram relacionados à suspensão da irrigação e no segundo a dosagens de adubação potássica. O delineamento experimental foi em blocos casualizados,

mas as análises das variáveis foram realizadas tomando como base o tempo de coleta e os tratamentos. Cada experimento apresentava uma área de 720 m² (15 x 48,0 m), totalizando 1440 m², a área do bloco de 180 m² e da parcela de 36 m² composta por 6 plantas, sendo 4 plantas úteis (Figura 5).

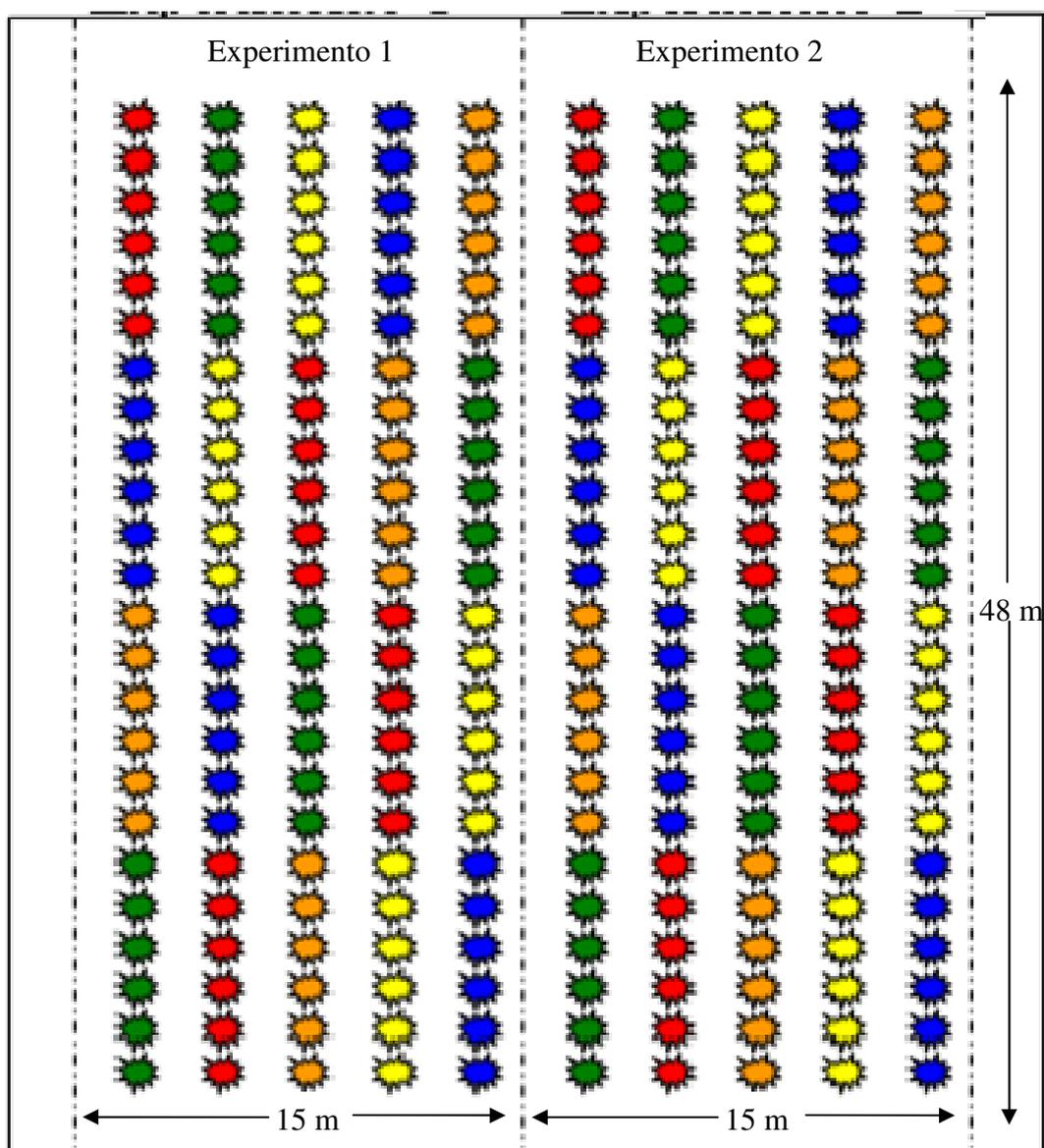


Figura 5 – Croqui da área experimental.

3.6.1 Experimento I – suspensão hídrica

No experimento I analisou-se o efeito de diferentes momentos de suspensão hídrica. Os tratamentos foram constituídos por: sem suspensão da irrigação e suspensão aos 121, 106, 91 e 71 dias após a poda de uniformização, representados por S0, S1, S2, S3 e S4. As análises foram realizadas aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após a poda (DAPO).

3.6.2 Experimento II – dosagens de potássio

No experimento II analisou-se o efeito de dosagens de adubação potássica e épocas de avaliações. Os tratamentos constaram dos níveis 0, 50, 100, 150 e 200% da recomendação para a cultura que corresponde às dosagens de (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente), sendo representados por D0, D1, D2, D3 e D4. A fonte de potássio utilizada foi o cloreto de potássio, que contém 60% de K₂O. As análises foram realizadas aos 30, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 DAPO.

3.7 Análise estatística

Os dados para cada variável foram submetidos à análise de variância (Anava). Quando os dados dos tratamentos com suspensão hídrica e doses de potássio apresentaram diferenças significativas pelo teste F ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade, realizaram-se as análise de regressão.

As equações de regressão que melhor se ajustaram aos dados foram escolhidas com base na significância do teste F e no maior coeficiente de determinação (R²). Esses estudos foram realizados com o auxílio de planilhas do programa Excel e as análises estatísticas utilizando programa estatístico Assistat.

No experimento II, também se avaliou o comportamento das variáveis em função das doses de potássio e épocas de avaliações.

3.8 Variáveis analisadas

Após a poda de uniformização, realizaram-se análises quantitativas do comprimento inicial do pinhão manso a partir do estudo da Fitomassa e do estado nutricional através de diagnose foliar.

3.8.1. Avaliação da fitomassa

Inicialmente, a avaliação da fitomassa foi realizada a partir da medição da altura e do diâmetro caulinar, conforme descrição abaixo, em cinco épocas (30, 60, 90, 120 e 150 dias após a poda de uniformização - DAPO) no experimento I e em sete épocas (30, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 DAPO) para o experimento II.

As medições da altura caulinar da planta (cm), foram feitas com a utilização de uma trena, desde a base da planta até a última folha.

As medições do diâmetro caulinar (cm), foram realizada com o auxílio de um paquímetro digital, a uma altura de 10 cm acima do solo.

Posteriormente, a partir dos valores obtidos de altura e do diâmetro (correspondentes a média dos valores de quatro plantas de quatro parcelas por tratamento) realizaram-se as estimativas de taxas de crescimento, conforme descrição a seguir:

Taxa de Crescimento Absoluto Caulinar (TCAC): representa a variação de crescimento-comprimento em função do tempo, tendo sido determinada pela equação 03:

$$TCAC = \frac{(D_2 - D_1)}{(t_2 - t_1)} \quad 03$$

Sendo:

TCAC, taxa de crescimento absoluto caulinar, em cm dia⁻¹; A, variação de altura, em cm; e T, intervalo de tempo em dias.

Taxa de Crescimento Absoluto em Diâmetro Caulinar (TCADC): variável que representa a velocidade de crescimento do diâmetro caulinar em função do tempo, obtido pela equação 04.

$$TCADC = \frac{(D2-D1)}{(t2-t1)} \quad 04$$

Sendo:

TCADC, taxa de crescimento em diâmetro caulinar absoluto, em cm dia⁻¹; D, variação do diâmetro caulinar, em cm e t: intervalo de tempo, em dias.

Taxa de crescimento absoluto em fitomassa fresca epígea (TCAFFE): Essa característica fornece a estimativa de crescimento de tamanho do fotossistema relacionando o crescimento do diâmetro com a altura da planta, equação 05.

$$TCAFFE = \frac{((A2(D2)^2)-(A1(D1)^2))}{(t2-t1)} \quad 05$$

Sendo:

TCAFFE, taxa de crescimento absoluto em fitomassa fresca epígea, em cm³ dia⁻¹.

3.8.2 Estado nutricional das plantas

No experimento II, a avaliação do estado nutricional das plantas foi realizada através de análise foliar, em três épocas. A primeira amostragem realizou-se antes da poda, a segunda depois da primeira aplicação e a terceira no final do período de avaliação, aos 210 DAPO.

A amostra constitui-se de duas folhas medianas de quatro plantas por parcela, totalizando 8 folhas coletadas por amostra/parcela, com três repetições. As folhas foram armazenadas em sacos de papel e levadas a laboratório para análise.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados climáticos

Os valores médios mensais de temperatura, velocidade do vento, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar e da evaporação medida no tanque “Classe A” coletados na área experimental estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores médios mensais de temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento (U_2), evaporação medida no tanque “classe A” (mm) e precipitação (mm) coletados na área experimental no período de agosto de 2009 a fevereiro de 2010

Mês/ano	T °C	UR %	U_2 $m\ s^{-1}$	ECA mm	PPT mm
ago/09	22,78	80,47	3,22	219,09	73,00
set/09	24,66	65,77	3,17	326,47	-
out/09	25,75	60,72	2,69	253,99	10,00
nov/09	25,40	61,85	2,84	270,02	-
dez/09	25,88	60,38	2,35	259,85	-
jan/10	25,80	65,26	1,74	161,09	115
fev/10	25,48	76,41	0,88	227,14	82
Total/Média	25,11	67,27	2,41	1717,65	280,00

A temperatura média mensal variou de 22,78°C, no início do experimento, a 25,88°C durante o mês de dezembro de 2009 com média no período de 25,11°C, apresentando assim uma pequena amplitude térmica entre os meses. Os baixos valores de temperatura decorrem da elevada altitude local (717,0 m).

Os valores médios da umidade relativa do ar e da velocidade do vento observados no período foram de 67,27% e 2,41 $m\ s^{-1}$, respectivamente. A evaporação acumulada no período foi de 1717,65 mm e a precipitação 280,0 mm.

4.2 Experimento 1 - suspensão hídrica

Na Tabela 5 pode-se observar os valores médios mensais das lâminas aplicadas em cada tratamento de suspensão da irrigação durante o período experimental, até os 150 dias após a poda (DAPO). Nela percebe-se que o total aplicado correspondeu a 1080,07; 891,67; 790,67; 689,41; e 589,10 mm respectivamente para os tratamentos: S0 - sem suspensão da irrigação; S1 – suspensão da irrigação aos 121 DAPO, S2 – suspensão da irrigação aos 106 DAPO, S3 – suspensão da irrigação aos 91 DAPO e S4 – suspensão da irrigação aos 76 DAPO.

Ressalta-se que até 75 DAPO não ocorreu diferenciação entre os tratamentos, tendo sido aplicadas lâminas totais de 237,32 mm, 244,85 mm e 106,93 mm, nos períodos 0 a 30 DAPO, 31 a 60 DAPO e 61 a 75 DAPO, respectivamente.

Tabela 5 – Diferentes períodos e valores das lâminas aplicadas durante o período nos tratamentos de suspensão da irrigação, Crateús, CE, 2009-2010

Tratamento	Lâmina aplicada (mm tratamento período ⁻¹)					Total
	0-30 DAPO	31 -60 DAPO	61 -90 DAPO	91 - 120 DAPO	211 - 150 DAPO	
S0	237,32	244,85	200,49	202,52	194,89	1080,07
S1	237,32	244,85	200,49	202,52	6,50	891,67
S2	237,32	244,85	200,49	108,01	-	790,67
S3	237,32	244,85	200,49	6,75	-	689,41
S4	237,32	244,85	106,93	-	-	589,10

Legenda: S0 – sem suspensão da irrigação, S1 – suspensão da irrigação aos 121 DAPO, S2 – suspensão da irrigação aos 106 DAPO, S3 – suspensão da irrigação aos 91 DAPO e S4 – suspensão da irrigação aos 76 DAPO.

Na Figura 6, pode ser verificado a tendência da tensão da água no solo ao longo do período experimental. Pode-se observar que no tratamento S0 (testemunho), em que não ocorreu suspensão hídrica, o potencial mátrico da água no solo variou de -7,1 kPa aos 30 DAP a -19,1 kPa, aos 150 DAP. Esse tratamento apresentou pequena variação de potencial mátrico durante todo período experimental, em comparação com os demais, indicando que o solo manteve-se satisfatoriamente úmido.

Já os tratamentos S1, S2, S3 e S4, após a interrupção da irrigação, ocorrida aos 121, 106, 91, e 76 DAPO, respectivamente, apresentaram valores decrescentes de tensão de água no solo até os 150 DAPO, com valores de -75,9; -71,0; -63,1 e -46,2 kPa, respectivamente.

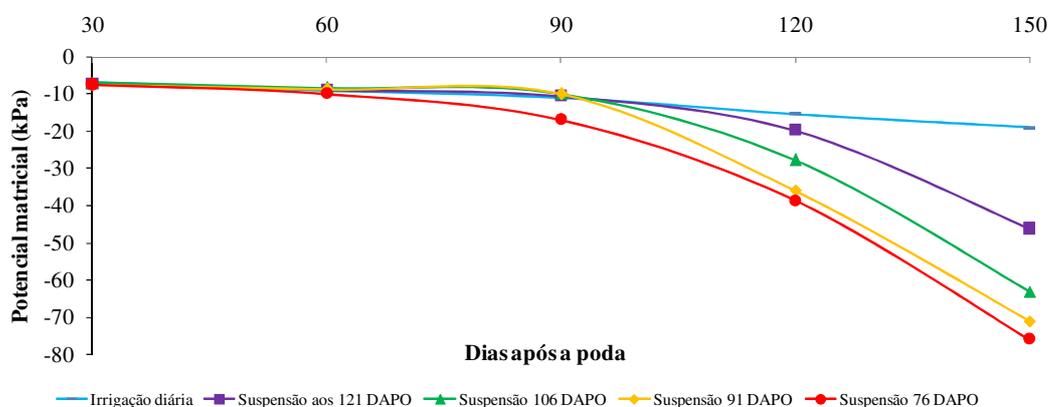


Figura 6 – Comportamento da tensão da água no solo obtido pela média das leituras dos tensiômetros realizada desde a poda até os 210 dias. Crateús. 2009 e 2010.

Os valores da análise de variância da altura da planta, diâmetro caulinar, taxa de crescimento absoluto caulinar (TCAC), taxa de crescimento absoluto de diâmetro caulinar e taxa de crescimento absoluto em fitomassa fresca epígea, durante às 5 épocas estão apresentados na Tabela 6. Constata-se que houve efeito de época para todas as variáveis analisadas ao nível de 1% pelo teste F. Isso mostra que as plantas apresentaram crescimento durante todo o período em estudo, mesmo quando submetidas a estresse hídrico. Da mesma forma, ocorreu efeito significativo em função da suspensão da irrigação para a altura, diâmetro e TCAFFE ao nível de 1% pelo teste F.

Tabela 6 - Resumo da ANAVA para as variáveis altura de plantas (cm), diâmetro do caule (cm), taxa de crescimento absoluto caulinar (TCAC) em cm dia^{-1} , taxa de crescimento absoluto de diâmetro caulinar em mm dia^{-1} (TCADC) e taxa de crescimento absoluto em fitomassa fresca epígea (TCAFFE) em $\text{cm}^3 \text{dia}^{-1}$ aos 150 DAPO

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio (Significância- Prob > F)				
		Altura (cm)	Diâmetro (cm)	TCAC (cm dia^{-1})	TCADC (cm dia^{-1})	TCAFFE ($\text{cm}^3 \text{dia}^{-1}$)
Bloco	3	638,24**	0,88**	0,057 ^{ns}	0,00007**	319,88**
Época	4	5063,91**	6,88**	0,297**	0,00017**	840,08**
Resíduo(a)	12	34,57	0,04	0,024	0,00001	32,28
Suspensão	4	307,21**	1,67**	0,009 ^{ns}	0,00002 ^{ns}	158,66**
Époc x Susp	16	94,18 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	22,98 ^{ns}
Resíduo(b)	60	25,39	0,16	0,007	0,00002	31,53
Total	99					
CV - (a)		9.36	3,17	45,62	26,12	28,16
CV - (b)		8.022	6,50	25,78	36,92	27,83

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) ns não significativo ($p \geq 0,05$).

A variação da altura das plantas em relação à época de observação foi significativa, sendo o modelo polinomial de 1º grau – (linear), cujos coeficientes de determinação foram 0,955; 0,984; 0,967; 0,959; 0,984 respectivamente para os tratamentos S0, S1, S2, S3 e S4 como pode ser visto na (Figura 7).

Aos 30 DAPO, a altura média correspondeu a 40,57 cm e aos 150 DAPO as plantas atingiram uma média de 80,58 cm, apresentando ao final do período um acréscimo de 98,6%.

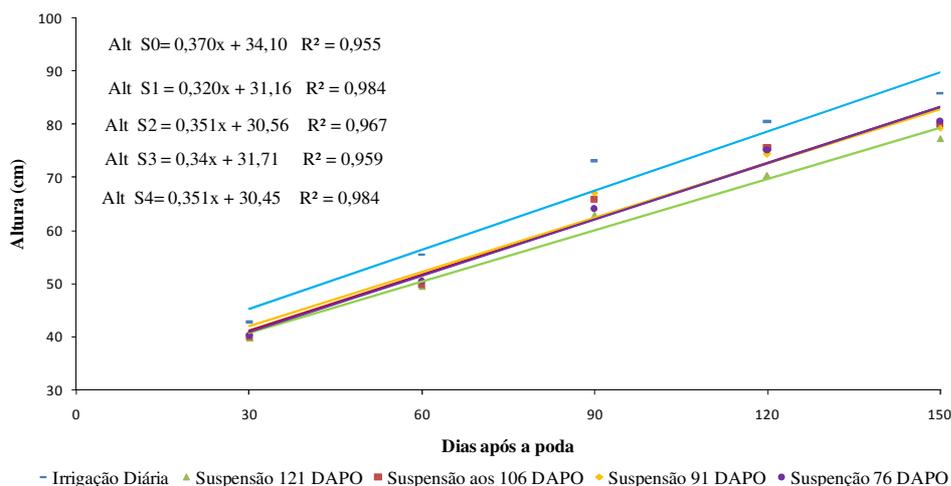


Figura 7 – Altura do pinhão manso em função da época de avaliação, Crateús – CE, 2011.

O diâmetro caulinar também se ajustou a um modelo polinomial de 1º grau – (linear), tendo como coeficientes de determinação de 0,988; 0,997; 0,991; 0,993 e 0,986 respectivamente para os tratamentos S0, S1, S2, S3 e S4 (Figura 8). Aos 30 DAPO o diâmetro caulinar médio era de 5,40 cm e aos 150 DAPO atingiu um valor de 6,84 cm, apresentado uma variação de 26,7%. Comportamento semelhante foi observado por Albuquerque et al. (2008), em que o diâmetro caulinar apresentou menor variabilidade ao longo do período de observação. Segundo Lacher (2000), alterações no padrão de crescimento ocorrem devido à aceleração metabólicas, onde a produção de assimilados passam a ser destinadas a floração e frutificação.

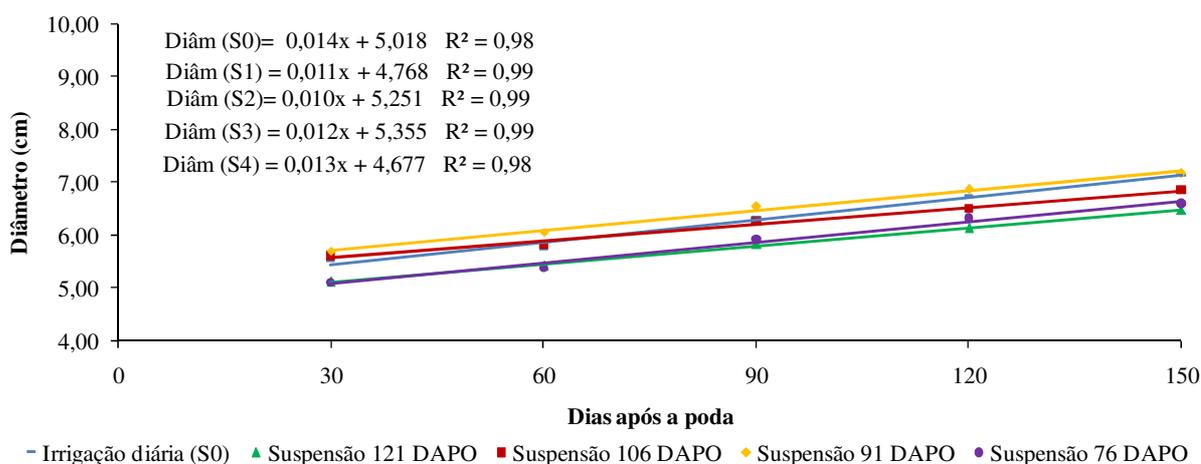


Figura 8 – Análise de regressão para a estimativa do diâmetro do pinhão manso em função da época, Crateús – CE, 2011.

Quanto à análise de regressão da taxa de crescimento absoluto caulinar em relação à época de avaliação, verificou-se que o modelo polinomial quadrático foi o que melhor se ajustou, apresentando coeficientes de determinação de 0,70; 0,53; 0,75; 0,62; 0,81 respectivamente para os tratamentos, S0, S1, S2, S3, S4 (Figura 9). A partir da regressão estima-se que a TCAC apresentou o seu valor máximo no período aos 70 DAPO, sendo que a partir desta data a TCAC começou a decrescer. Referido resultado se justifica devido à implementação paulatina da suspensão hídrica a partir dos 76 DAPO. Sob condições de deficiência hídrica, as plantas continuaram o crescimento, mas com uma menor taxa. Resultados semelhantes aos encontrados por Albuquerque et al. (2009), analisando o crescimento inicial do pinhão manso em condições de sequeiro no semiárido. Os autores observaram um crescimento rápido até os 90 dias após o plantio, tendo ocorrido nesse período um índice pluviométrico de 994 mm. Após esse período, o índice pluviométrico registrado foi de apenas 11,4 mm, o que veio provocar reduções na taxa de crescimento aos 150 DAP.

Os menores valores da taxa de crescimento a partir dos 70 DAPO pode ter ocorrido devido ao fato da implementação do déficit hídrico, ter provocado o fechamento dos estômatos, diminuindo a assimilação de CO₂. Conseqüentemente, diminuindo as atividades fisiológicas das plantas, principalmente a divisão e o crescimento das células, refletindo assim em uma menor taxa de crescimento.

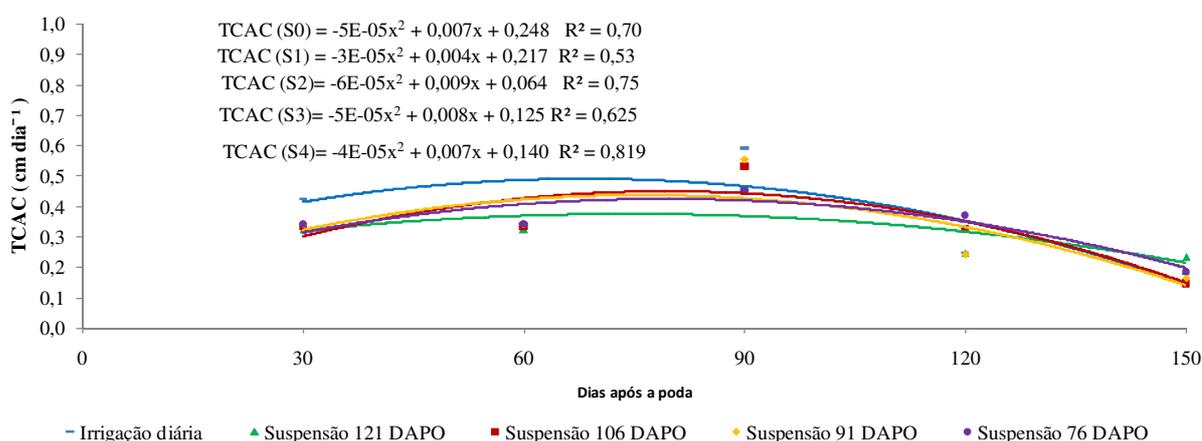


Figura 9 – Taxa de crescimento absoluto caulinar do pinhão manso em função da época de observação, Crateús – CE, 2010.

Além da problemática do estresse, Dalchiavon (2005), avaliando as características agrônômicas no desenvolvimento inicial do pinhão manso, constatou que ao se aproximar o estágio reprodutivo, as taxas de crescimento decaíram progressivamente, tendo em vista que

as plantas passam a direcionar os fotoassimilados para os órgãos reprodutivos. Comportamento semelhante foi observado por Barros Júnior et al. (2010), avaliando duas cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.) submetidas a diferentes níveis de umidade no solo, onde observaram um crescimento linear até os 80 dias após a semeadura, principalmente para as plantas cultivadas a 100% de água disponível, com redução significativa para os períodos seguintes aos 140 dias após a semeadura. Estes autores observaram ainda que para os tratamentos com lâminas de 40 e 60% de água disponível obteve reduções drásticas da taxa de crescimento com variações de 0,06 a 0,00 cm. dia^{-1} .

A taxa de crescimento absoluto do diâmetro - TCAD apresentou uma tendência similar ao da taxa de crescimento caulinar que pode ser visualizada na Figura 10. Os dados da TCAD também se ajustaram a um modelo polinomial quadrático, apresentando coeficientes de determinação de 0,53; 0,13; 0,34; 0,56 e 0,55 respectivamente para os tratamentos S0, S1, S2, S3 e S4.

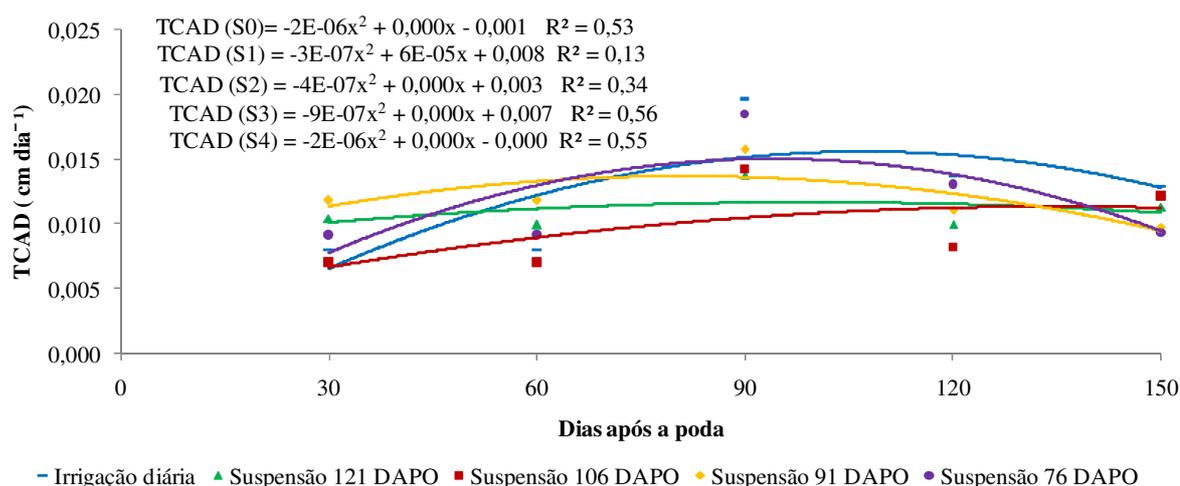


Figura 10 - Taxa de crescimento absoluto do diâmetro em função da época de observação, Crateús – CE, 2010.

Do mesmo modo quanto à taxa caulinar, esta redução se explica pelo avanço do estresse hídrico em quase todos os tratamentos, com conseqüente redução na produção de fotoassimilados. Uma tendência semelhante à encontrada por Dalchiavon (2008), avaliando as variáveis meteorológicas no desenvolvimento inicial do pinhão manso, constatou que as maiores taxas de crescimento em diâmetro caulinar foram obtidas nos meses com maior índice pluviométrico.

A análise de regressão da taxa de crescimento de fitomassa fresca epígea se ajustou também a um modelo polinomial quadrático, apresentando coeficientes de determinação de 0,55; 0,60; 0,58; 0,58 e 0,75 respectivamente para os tratamentos S0, S1, S2, S3 e S4 Figura 11.

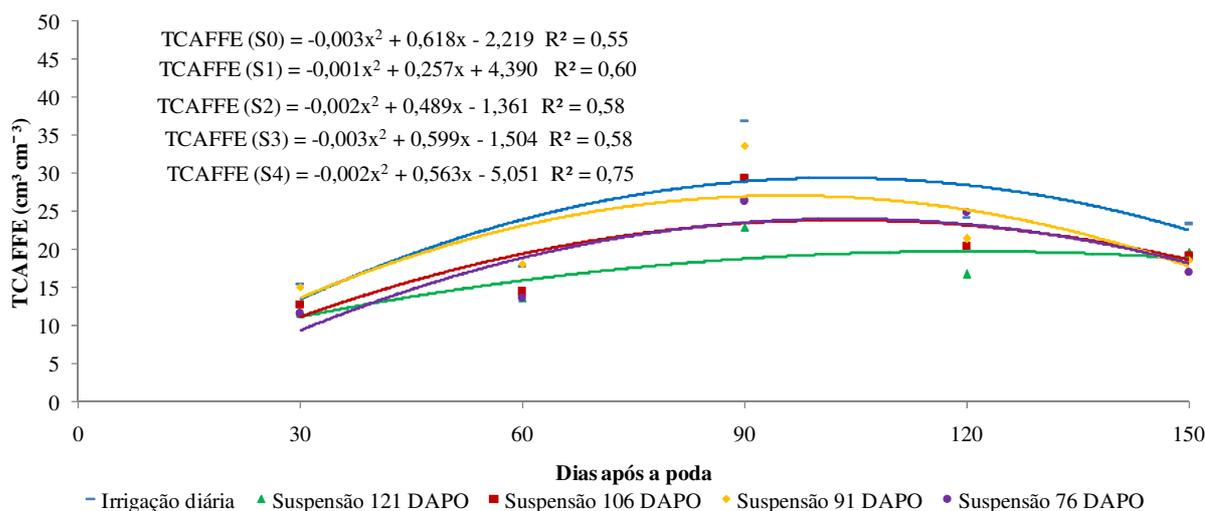


Figura 11 - Taxa de crescimento da altura da fitomassa fresca epígea (TCAFFE) do pinhão manso em função da época, Crateús-CE, 2011.

De um modo geral, ocorreram reduções nas taxas de crescimento quando se impôs redução hídrica ao pinhão manso. O que mostra que apesar de ser uma planta adaptada ao clima semiárido, a cultura tem seu crescimento reduzido com a ocorrência de deficiência hídrica. Esta constatação é semelhante a observada por Luís (2009), estudando os efeitos bioquímicos e ecofisiológicos do pinhão manso submetido a estresse hídrico. Segundo o autor, nessa condição ocorre a redução da fotossíntese, como resposta da diminuição estomática. Entretanto, o autor ressalta que as plantas de pinhão manso recuperaram-se rapidamente os valores anteriores após o aumento da demanda hídrica no solo. Resultados semelhantes também foram observados por Saturnino et al. (2005).

Na Tabela 7, encontra-se os valores da altura da planta, diâmetro caulinar e TCAFFE, em função das suspensões de irrigação. Nota-se que os diferentes dias de suspensões interferiram na avaliação final.

A tabela demonstra que para a variável altura no tratamento S0 diferiu pelo teste de Tukey ao nível de 5%, em relação aos demais tratamentos, que não diferiram entre si, sendo que o tratamento que não apresentou suspensão hídrica apresentou a melhor média, demonstrando que apesar de ser uma planta adaptada ao semiárido o pinhão manso apresenta um maior crescimento, em situações que não recebem estresse hídrico.

Quanto à variável diâmetro caulinar e TCAFFE, que não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey, os resultados não representam um comportamento biológico condizente, pois as médias do tratamento sem suspensão hídrica são iguais as que receberam maior estresse. Segundo Saturnino et al. (2005), o pinhão manso caracteriza-se por apresentar alta variabilidade genética, dificultando muitas vezes a obtenção de dados

compatíveis. Esse fato pode ter influenciado na divergência entre os dados obtidos com a aplicação dos tratamentos de suspensão hídrica.

Tabela 7 - Teste de média para altura da planta (cm), diâmetro do caule (cm) e TCAFFE($\text{cm}^3 \text{dia}^{-1}$).

Tratamento	Altura	Diâmetro	TCAFFE
	(cm)	(cm)	($\text{cm}^3 \text{dia}^{-1}$)
S0	69.55a	6,20ab	19,29 b
S1	60.00b	5,79c	17,07b
S2	60.11b	6,29a	24,38a
S3	62.31b	6,47a	21,40ab
S4	62.06b	5,86bc	18,73b

Médias seguidas por letras diferentes, na mesma coluna, diferem significativamente entre se ($p < 5\%$) pelo teste de Tukey.

4.3 Experimento 2 - adubação potássica

Na Tabela 8, tem-se o resultado da análise de variância da altura da planta, diâmetro caulinar, TCAC, TCADC e TCAFFE, em função das doses de potássio e da época de avaliação. Pode-se inferir que o efeito época sobre os tratamentos foi significativo ao nível de 5 e 1% pelo teste F para todas as variáveis analisadas. Percebe-se também que os a adubação potássica influenciou significativamente a altura da planta, o diâmetro caulinar e a TCAC.

Tabela 8 - Resumo da ANOVA para as variáveis: altura de plantas (cm); diâmetro do caule (cm); taxa de crescimento absoluto caulinar (TCAC) em $\text{cm} \cdot \text{dia}^{-1}$; taxa de crescimento absoluto de diâmetro caulinar em $\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$ e taxa de crescimento absoluto em fitomassa fresca epígea (TCAFFE) em $\text{cm}^3 \text{dia}^{-1}$ aos 210 DAP, Crateús – Ceará

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio (Significancia- Prob > F)				
		Altura	Diâmetro	TCAC	TCADC	TCAFFE
		(cm)	(cm)	($\text{cm} \cdot \text{dia}^{-1}$)	($\text{cm} \cdot \text{dia}^{-1}$)	($\text{cm}^3 \text{dia}^{-1}$)
Bloco	3	761,92**	0,97**	0,04017*	0,00003 ^{ns}	330,40 ^{ns}
Época	4	16296,50**	22,94**	0,64814**	0,00066**	17224,28**
Resíduo(a)	12	37,97	0,02	0,00907	0,00001	106,14
Dose K	4	341,37**	0,57*	0,03298 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	350,07 ^{ns}
Época x K	16	27,47 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00994 ^{ns}	0,00002 ^{ns}	84,76 ^{ns}
Resíduo(b)	60	42,52	0,22	0,01220	0,00002	149,45
Total	99					
CV - (a)		7,89	2,33	21,11	22,18	27,27
CV - (b)		8,35	7,06	24,49	30,00	32,35

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) ns não significativo ($p \geq 0,05$).

Com relação à análise de regressão da altura caulinar em função das épocas os dados se ajustaram a uma equação do tipo linear, com coeficientes de determinação de 0,96; 0,96; 0,98; 0,97 e 0,98 respectivamente para os tratamentos P0, P1, P2, P3 E P4. A média da altura das plantas variou de 41,06 cm aos 30 DAPO a 124,71 cm aos 210 DAPO resultando num incremento de 204,1%. Nota-se que as diferentes doses de potássio responderam positivamente no crescimento das plantas ao longo das épocas analisadas e que a maior dose possibilitou o maior incremento de altura (Figura 12).

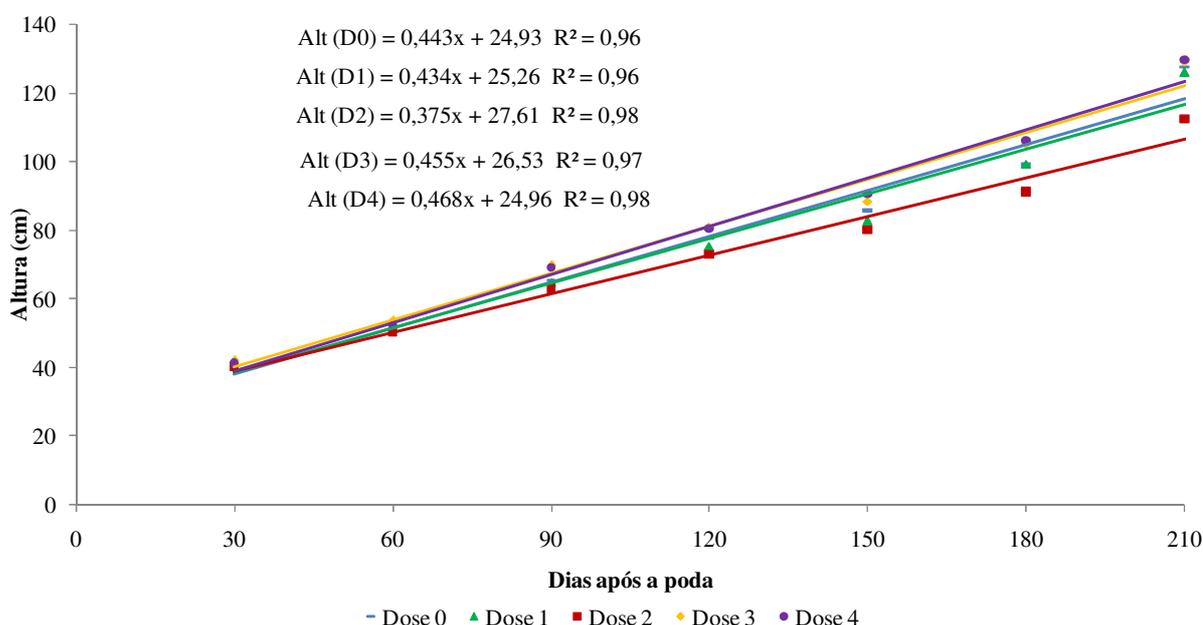


Figura 12 – Altura caulinar do pinhão manso em função das épocas de observação, Crateús – CE, 2010.

Do mesmo modo, a variável diâmetro em relação à época apresentou um comportamento semelhante ao observado no crescimento caulinar (Figura 13). A partir da análise regressão os dados foram ajustados a um modelo polinomial de 1º grau – (linear), onde se obteve coeficientes de determinação no valor de 0,98; 0,98; 0,98; 0,99 e 0,98 respectivamente para os tratamentos D0, D1, D2, D3 e D4. A média de todos os tratamentos aos 30 DAPO correspondeu a 5,33 cm e aos 210 DAPO 8,32 cm, apresentando assim um incremento de 56% no período analisado.

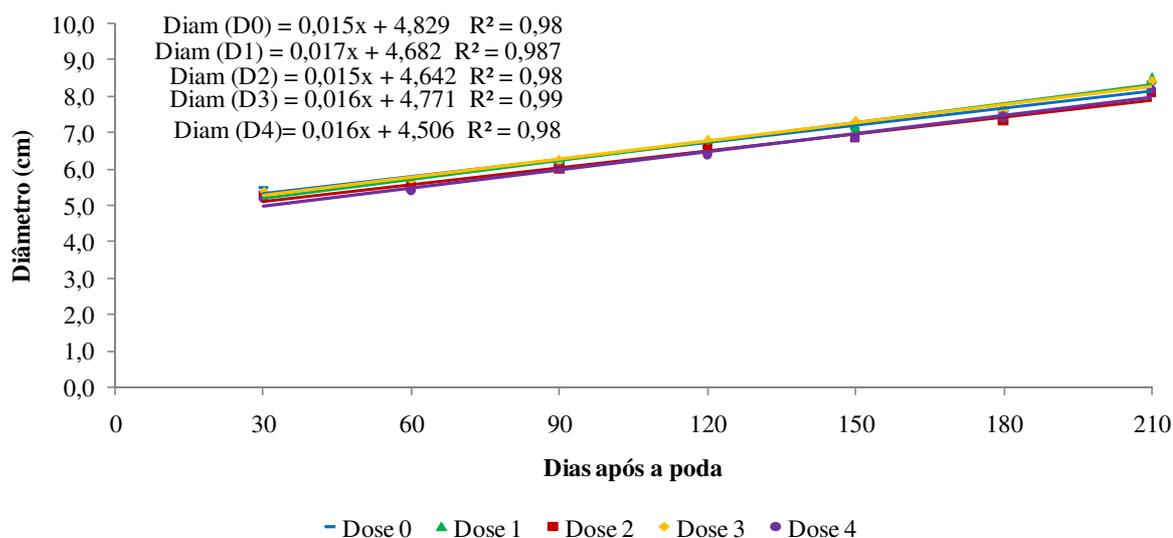


Figura 13 - Diâmetro caulinar do pinhão manso em função das épocas de observação, Crateús – CE, 2010.

A taxa de crescimento de altura caulinar ajustou-se a um modelo de função polinomial quadrática, apresentando coeficientes de determinação de 0,69; 0,79; 0,56; 0,60; 0,59 respectivamente para os tratamentos D0, D1, D2, D3 e D4. Observa-se que até os 90 DAPO a taxa apresentou um crescimento baixo. Após esse período, foi observado um decréscimo dessa taxa até os 120 DAPO, a partir desse período até os 210 DAPO os valores indicam uma tendência de crescimento mais acelerado, demonstrando que nesta fase as plantas apresentam uma maior resposta às doses de potássio (Figura 14).

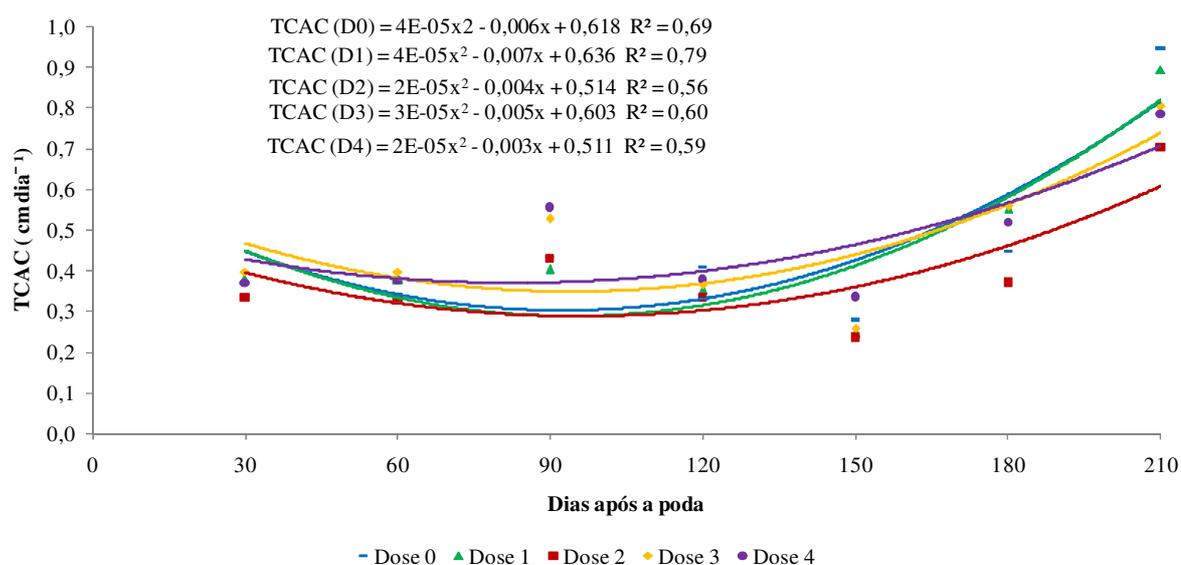


Figura 14 - Comportamento da taxa de crescimento absoluto da altura caulinar do pinhão manso em função das épocas de observação, Crateús – CE, 2010.

Os valores de taxa de crescimento de diâmetro caulinar apresentaram comportamento semelhante aos observado na taxa absoluta de crescimento caulinar (Figura 15). Onde a regressão dos dados também se ajustou a uma polinomial quadrática, apresentando coeficientes de determinação de 0,84; 0,50; 0,60; 0,40 e 0,72 respectivamente para os tratamentos D0, D1, D2, D3 e D4.

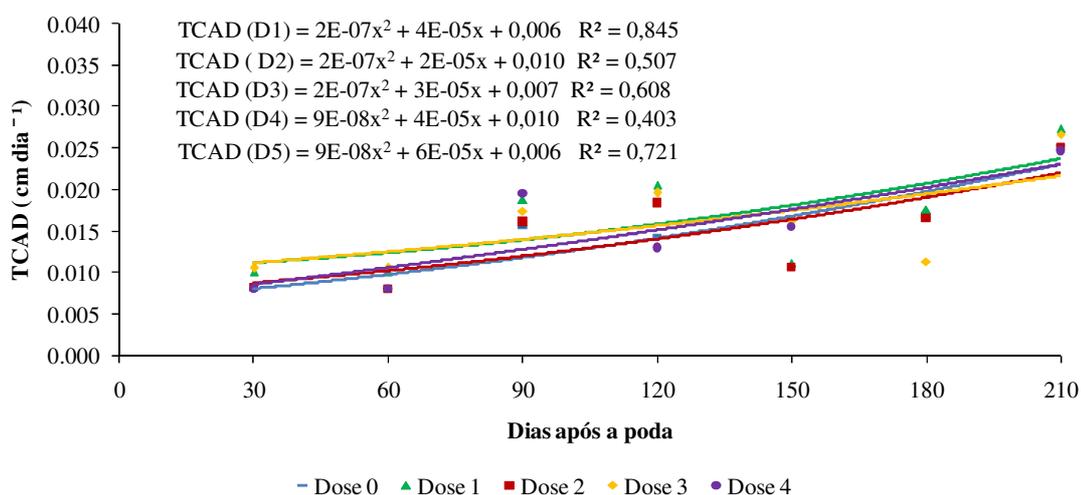


Figura 15 - Taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar do pinhão manso em função das épocas de observação, Crateús – CE, 2010.

De acordo com a Figura 16, o efeito conjunto do crescimento caulinar e do diâmetro, reflete nas médias da taxa de crescimento em fitomassa fresca epígea – TCAFFE, em função de épocas. Essa relação foi ajustada a uma função polinomial quadrática, apresentando coeficientes de determinação de 0,88; 0,87; 0,94; 0,85 e 0,91 respectivamente para os tratamentos D0, D1, D2, D3 e D4.

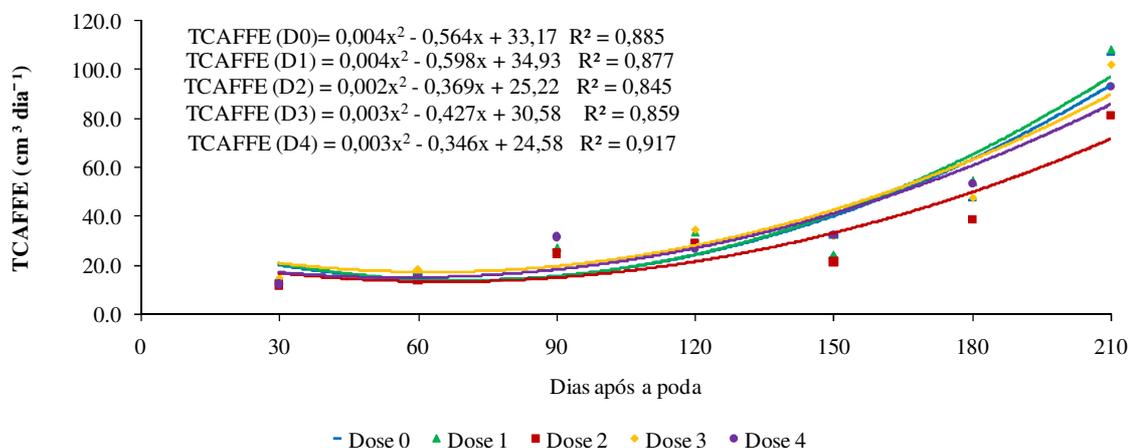


Figura 16 - Altura do pinhão manso em função da época de avaliação, Crateús – CE, 2011.

A altura caulinar em relação às doses de potássio se ajustou a uma função do tipo linear, com um coeficiente de determinação de 0,88 (Figura 17). O aumento das doses de potássio resultou em ganhos positivos quanto ao crescimento caulinar. O menor incremento de alturas foi observado no tratamento sem adubação potássica, apresentado comportamento linear crescente em relação às doses.

Esse resultados são semelhantes aos encontrados por Dantas Júnior et al. (2010) ao avaliar duas cultivares de mamona, submetida a adubação potássica nas quantidades de 150 e 210 kg ha⁻¹, encontrou altura superior para a maior dose. Da mesma forma, Araújo (2009) analisando diferentes doses de adubação com nitrogênio fósforo e potássio, verificou que as doses de potássio correspondente a 30 e 150 kg K₂O ha⁻¹, resultou em alturas correspondente 67,3 e 70,3 cm.

Efeito contrário aos resultados desse trabalho foi observado por Nascimento et al. (2010), avaliando doses de potássio de 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹, observou efeito linear negativo para as variáveis altura e diâmetro caulinar, onde observou uma redução de 19,9% na altura caulinar do tratamento onde aplicou 100 kg ha⁻¹ de K₂O e 8,23% para o diâmetro. Segundo o estudo, a variável diâmetro foi menos afetada em relação a altura.

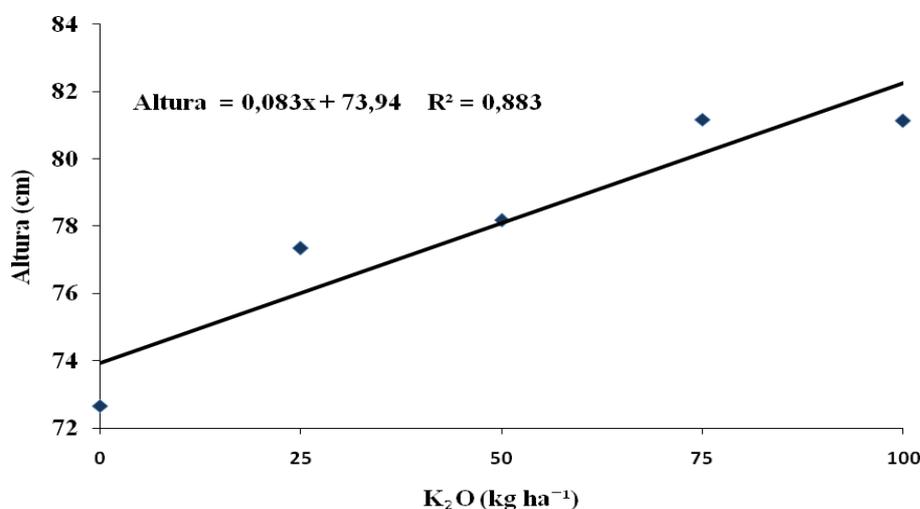


Figura 17 - Altura do pinhão manso em função das doses de potássio, Crateús – CE, 2011.

Quanto ao comportamento do diâmetro caulinar, os dados se ajustaram a um modelo polinomial quadrática, apresentando ponto de máxima do diâmetro o valor de 6,85 cm em resposta a dose de 58 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 18). De acordo com este comportamento a planta do pinhão manso não responde a valores maiores de 58 kg ha⁻¹ de dose de K, nas condições que foram submetidas neste trabalho.

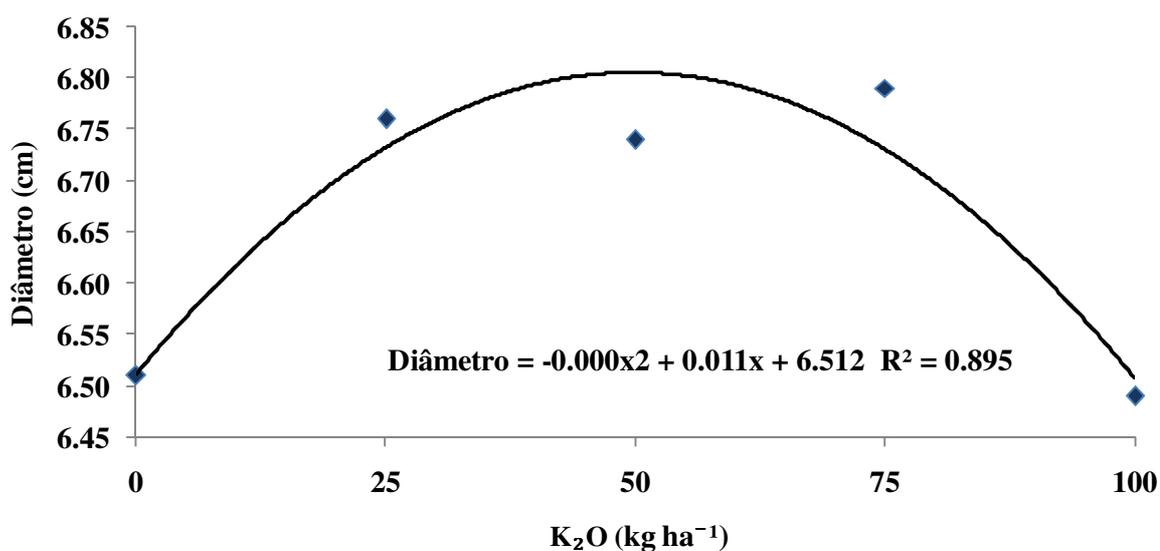


Figura 18 - Diâmetro do pinhão manso em função das doses de potássio, Crateús – CE, 2011.

Menores valores do diâmetro do caule nas menores dosagens se explicam devido ao fato de que um suprimento inadequado de potássio ocasiona um funcionamento irregular dos estômatos, podendo diminuir a assimilação de CO₂, e a taxa fotossintética, e por conseqüência a produção de fotoassimilados, prejudicando assim a produção. Por outro lado, o excesso de potássio pode inibir a absorção de Ca e Mg, chegando muitas vezes a causar a deficiência desses dois nutrientes, com a queda de produção.

4.4 Avaliação do teor de potássio na folha

A Tabela 9 resume os dados da análise de variância dos teores foliares de potássio analisados durante os 210 DAPO. Nota-se que houve diferença significativa em relação às diferentes épocas de avaliação e às diferentes doses de potássio ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F. No entanto, não foi observado interação entre o efeito época e as doses aplicadas. Efeito contrário foi observado por Silva (2010), avaliando diferentes níveis de adubação com NPK em mudas de pinhão manso. O autor constatou que as menores doses, inclusive o tratamento testemunha, sem adubação, obtiveram crescimento superior em relação às maiores doses.

Tabela 9 – Resumo da análise de variância do k na folha do pinhão manso sob as doses aplicadas, Crateús – Ceará, 2010.

FV	GL	QM (F)
		Conc. Potássio/folha g kg ⁻¹
Bloco	2	0.50 ^{ns}
Época	2	1886.49**
Resíduo (a)	4	2.80
Potássio	4	25.09**
Época x Potássio	8	6.67 ^{ns}
Resíduo (b)	24	9.09
Total	44	
CV - (a)		12.91
CV - (b)		25.44

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$) e ns não significativo ($p \geq 0.05$).

Antes da poda o teor de potássio nas folhas de pinhão manso correspondia a 0,7g kg⁻¹, esse valor evoluiu para 11,76 g kg⁻¹ após aplicação dos 40% do percentual da dose total aplicada aos 90 DAPO. Finalmente após a última análise realizada aos 210 DAPO, indicou um conteúdo foliar apresentando uma média entre os tratamentos, correspondente a 23,09 g kg⁻¹. Através da análise de regressão, constatou-se que os dados se ajustam a uma função polinomial quadrática, com coeficientes de determinação de 0,68; 0,84 e 0,94. Esse resultado são superiores aos de Laviola et al., (2008), que avaliando os teores de nutrientes do pinhão manso, constataram que o potássio é o terceiro nutriente mais acumulado, onde encontrou um valor médio de 13,7 g kg⁻¹. Além disso, observaram que a relação entre o nitrogênio e o potássio no pinhão manso é maior nas folhas em relação aos frutos. Isso indica que na fase de produção, a planta aumenta o seu requerimento deste nutriente.

Na figura 19 observa-se que o comportamento da quantidade de K na folha, foi crescente de acordo com as aplicações de potássio. A medida de que aumentou a aplicação de potássio no solo, o conteúdo do nutriente na folha também cresceu. Observou-se também que como as plantas não apresentaram pico de produção, a quantidade de potássio nas folhas ainda se encontrava em nível crescente.

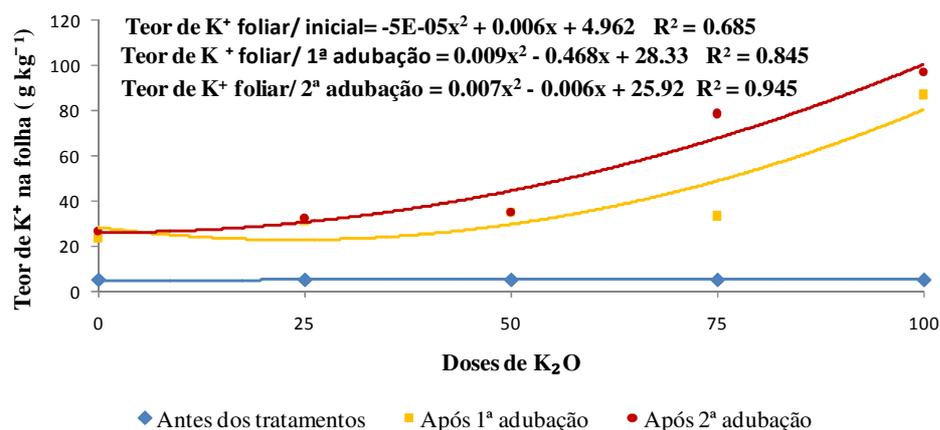


Figura 19 – Teor de K⁺ obtida da análise foliar das doses em relação K₂O aplicadas no solo em função de época, Crateús – Ceará, 2010.

Na Tabela 10, podem ser visualizados os teores de potássio no solo no final do experimento.

Tabela 10 – Características químicas do solo da área experimental, na camada de 0-20 cm, no final do experimento

Tratamentos	Teor de Potássio/Solo
	mg dm ⁻³
D0 - 0 kg de K ₂ O ha	26,50
D1 - 25 kg de K ₂ O ha	29,50
D2 - 50 kg de K ₂ O ha	35,00
D3 - 75 kg de K ₂ O ha	36,00
D4 - 100 kg de K ₂ O ha	78,50

Análise realizada pelo laboratório de solo e água da Universidade Federal do Ceará – UFC. 2008.

No início do experimento a quantidade de potássio no solo era de 31 mg dm⁻³. No final do experimento, no tratamento testemunha apresentava um teor de 26,5 mg dm⁻³, tendo sido consumido pela planta ou lixiviado o valor de 4,5 mg dm⁻³, pois nesse tratamento não se aplicou potássio. Verificou-se que o teor de potássio no solo aumentou de acordo com o aumento das doses do nutriente.

5. CONCLUSÕES

A irrigação diária proporcionou maior altura de plantas em relação aos tratamentos com suspensões da irrigação nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura.

O teor de K_2O na folha aumentou linearmente durante o período de avaliação.

A aplicação de doses crescentes de cloreto de potássio proporcionou um aumento do teor de K_2O no solo.

5. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F. A.; OLIVEIRA, M. I. P.; LUCENA, A. M. A.; BARTOLOMEU, C.R.C.; BELTRÃO, N. E. M. **Crescimento e desenvolvimento do pinhão manso: 1º ano agrícola**. EMBRAPA-CNPA 197: Campina Grande, PB, 2008. 21p. (EMBRAPA – Algodão. Série Documentos, 197).
- ALBUQUERQUE, F. A.; CASTRO, N. H. A.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A.; SOUSA, S. L.; FREIRE, M. A. O.; SAMPAIO, L. R. Análise de crescimento inicial do Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.) em condições de sequeiro. **Rev. Bras. Ol. Fibras**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p.99-106, set/dez. 2009.
- ALVES, J. M. A.; SOUSA, A. de A.; SILVA, S. R. G. da; LOPES, G. N.; SMIDERLE, O. J.; UCHÔA, S. C. P. Pinhão-manso uma alternativa para produção de biodiesel na agricultura familiar da Amazônia brasileira. **Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, vol.2, no. 1, jan/jun, 2008.
- AMARAL, W. A. N. do. Pólo nacional de biocombustíveis: missão e desafios para sustentabilidade da produção de biodiesel. In: SOUSA CAMARA, G.M.; HEIFFIG L. S. **Agroegócio de plantas oleaginosas: matérias-primas para biodiesel**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2006. p. 1-6.
- ARAÚJO, D. L.; CHAVES, L. H. G.; MESQUITA, E. F.; FRANÇA, C. P. Crescimento da mamoneira cultivar BRS-149 nordestina adubada com nitrogênio, fósforo e potássio. **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 685-702, set. dez., 2009.
- ARAÚJO, J. A. C.; DALRI, A. B.; DANIELI, T.; BERALDO, J. M. G.; CORTEZ, G. E. P.; FERNANDES, E. J. Desenvolvimento inicial do pinhão manso em condições de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 6., 2009, Montes Claros. **Anais...** Montes Claros – MG: Universidade Federal de Lavras, 2009. 4121 p. Disponível em: <http://oleo.ufla.br/anais_06/>. Acesso em: 16 abr. 2010.
- ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, P. A.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, S. S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Rev. Bras. Ol. Fibras**, Campina Grande, v.8, n.1, p. 789-799, jan-abr. 2004.
- BARROS JÚNIOR, G.; CAVALCANTI, M. L. F.; LACERDA, R. D.; BARROS, A. D.; GUERRA, H. O. C. Influência do estresse hídrico na taxa de crescimento absoluto da mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4 & SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1.,2010, João Pessoa. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 430-435.

BARROS SILVA, E.; TANURE, L. P. P.; SANTOS, S. R.; RESENDE JÚNIOR, P. S. Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-manso. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 4, n. 4, p. 329-397, abr. 2009.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2005, 611p.

BIZ, B. Na era do pré-sal e dos biocombustíveis. **Tn Petróleo**, n. 58, p. 5, 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DE AGRICULTURA E PECUÁRIA E ABATECIMENTO. **Plano nacional de agroenergia 2006-2011**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/PLANONACIONALDOAGROENERGIA1.pdf>>. Acesso em: 4/10/2010.

BRASIL. **Resolução nº 6, de 12 de setembro de 2009**. Estabelece em cinco por cento, em volume, o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo comercializado ao consumidor final, de acordo com o disposto no art. 2º da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Conselho nacional de política energética, Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos_comite/CNPE/resolucao_2009/Resoluxo_6_CNPE.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2010.

BRIEU, T. P. **Programa nacional de produção e uso de biodiesel: um balanço da primeira fase até 2008**. 2009. 163 p. Dissertação (Mestrado – Programa de pós graduação em energia da Universidade de São Paulo). 2009.

CADERNOS NAE/ NÚCLEOS DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Mudança do Clima: mercado de carbono**. Secretaria de comunicação do governo e gestão estratégica. v. 2, n. 4, Brasília, abr. 2005. Disponível em: <<http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br/content/cadernos-nae-%E2%80%93-mudanca-do-clima-ii>>. Acesso em: 06 dez. 2010.

CARNIELLI, F. O combustível do futuro. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, Boletim. n. 1413, ano 29, out. 2003.

CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2008. 71p.

CORTESÃO, M. **Culturas tropicais: plantas oleaginosas**. Lisboa: Clássica, 1956. 231p.

DALCHIAVON, F. C.; DALLACORT, R. ADMAR, C. J.; MARTINS, J. A.; SILVA, C. D.; BACELAR, N. M. Influência das variáveis meteorológicas no desenvolvimento inicial de pinhão manso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS,

GORDURAS E BIODIESEL, 5., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA. Disponível em: <http://oleo.ufla.br/anais_06/>. Acesso em: 16 abr. 2010.

DALCHIAVON, F. C.; DALLACORT, R.; COLLETI, A. J.; MARTINS, J. A. Necessidade hídrica do pinhão manso nas condições climáticas de Tangará da Serra – MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 6., 2009, Montes Claros. **Anais...** Montes Claros – MG: Universidade Federal de Lavras, 2009. 4121 p. Disponível em: <http://oleo.ufla.br/anais_06/>. Acesso em: 16 abr. 2010.

DALCHIAVON, F. C.; DALLACORT, R.; NIED, A. H.; VENDRÚSCULO, M.; COLLETI JUNIOR, A.; CABRAL, E. P.; GERALDI, L. Característica agrônômica no desenvolvimento inicial de plantas de *Jatropha curcas*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 5., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA. Disponível em: <http://oleo.ufla.br/anais_06/>. Acesso em: 16 abr. 2010.

DANIEL, H.; HAYASHI, F. K.; COSTA, J. C. G.; ZANON, N. B.; LAZARINI, E. Crescimento vegetativo de plantas de pinhão manso sob diferentes adubações com N e K. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 6., 2009, Montes Claros. **Anais...** Montes Claros – MG: Universidade Federal de Lavras, 2009. 4121 p. Disponível em: <http://oleo.ufla.br/anais_06/>. Acesso em: 16 abr. 2010.

DANTAS JÚNIOR, E. E.; CHAVES, L. H. G.; COSTA, F. A. M.; MESQUITA, E.F.; ARAÚJO, D.L. Crescimento de duas cultivares de mamoneira adubadas com potássio, cobre e zinco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 97-107, out.-dez., 2010

DOVEBIOTECH, *Jatropha curcas L.*: an international botanical answer to biodiesel production & renewable energy. Thailandia. Disponível em: <<http://www.dovebiotech.com/pdf/JATROPHA%20CURCAS%20L.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2010.

DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B.; MORGADO, L.B.; PAIVA, L. E. Comportamento do pinhão manso no semiárido brasileiro, resultado do 1º ano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROENERGIA, 2008, Botucatu. Agroenergia e desenvolvimento sustentável: **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências agrônômicas, UNESP, 2008. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/cpatsa-2009-09/39519/1/OPB1998.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2010.

DRUMMOND, O. A.; PURCINO, A. A. C.; SOUSA CUNHA, L.; MATOS VELOSO, J. Cultura do pinhão manso. **Pesquisando**, Minas Gerais, n. 131. 1984.

EPAMIG. **Coletânea sobre pinhão manso na EPAMIG**. Minas Gerais, 2003. 86 p.

Disponível em:

<http://www.epamig.br/index.php?searchword=colet%E3nea+pinh%E3o+man&option=com_search&Itemid=>. Acesso em: 01 out 2010.

EVANGELISTA, A. W. P.; MELO, P. C.; OLIVEIRA, E. L.; FARIAS, M. A.; ALVES JÚNIOR, J.; FRAGA, A. C.; CASTRO NETO, P. C. Produtividade de sementes de pinhão manso em resposta à aplicação de diferentes níveis de irrigação e doses de adubação potássica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 6., 2009, Montes Claros. **Anais...** Montes Claros – MG:

Universidade Federal de Lavras, 2009. 4121 p. Disponível em:

<http://oleo.ufla.br/anais_06/>. Acesso em: 16 abr. 2010.

GERMAN TECHNICAL COOPERATION. **Jatropha reality check: A filed assessment of the agronomic and economic viability of Jatropha and other oilseed crops in Kenya**. Nairobi, África, dez. 2009. Disponível em:

<<http://www.worldagroforestry.org/downloads/publications/PDFs/B16599.PDF>>. Acesso em: 22 set. 2010.

GEXSI, L. L. P. **Global market study on jatropha: project inventory: Latin America**. Londres, maio, 2008.

Disponível em: <http://www.jatropha-alliance.org/fileadmin/documents/GEXSI_Jatropha-Project-Inventory_LATIN-AMERICA.pdf>. Acesso em: 20 set 2010.

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

HELLER, J. **Physic nut (*Jatropha curcas* L.) promoting the conservation and use of underrutilized and neglected crops**. Roma: International plant genetic resources institute, 1996. 66p.

HELLER, J. **Studies on genotypics characteristics and propagation and cultivatin methods for physic nuts (*Jatropha curcas* L.)**. Dr. Kovac, Hamburg. 1992.

HENNING, R. K. **The *Jatropha* system: economy & dissemination strategy: Integrated rural development by utilisation of *Jatropha curcas* L.(JCL) as raw material and as renewable energy**. Weissensberg, Alemanha. Jun, 2004 Disponível em:

<<http://www.jatropha.de/documents/JCL-economy-strategy-renewables2004.pdf> > Acesso em: 7 nov. 2010.

IYAMA, M.; ZANTE, P.; MUNTER, C.; NEWMAN, D.; ONCHIEKU, J.; NYABENGE, M.; MORAA, V.; JAMMADASS, R.; ALBERGEL, J. **Economics of bioenergy from *Jatropha curcas*: Promises, opportunities, and Constaints in Kenyan context**. Disponível

em: <<http://www.worldagroforestry.org/downloads/publications/PDFs/PO09312.PDF>>. Acesso em: 22 set. 2010.

JONGSCHAP, R. E. E. et al. Caims and Facts on *Jatropha curcas* L. Global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation programme. **Plant Research International B. V.**, Wageningen. Report 158. 2007.

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

LAVIOLA, B. G.; SANTOS DIAS, L. A. Teor e Acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso. **R. Bras. Cien. Solo**, v. 32, p. 1969-1975, 2008.

LUÍS, R. M. F. C. B. **Resposta de *Jatropha curcas* L. ao déficit hídrico**: caracterização bioquímica e ecofisiológica. 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

MELO, R. D.; LEE, G. T. S.; MASSARO, R. I. Influência da Poda na Produção de Pinhão Manso (*Jatropha Curcas* L.). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16, 2008, São Carlos. **Anais...** Universidade Federal de São Carlos, v. 4, p. 381, 2008.

MIKI, A. F. C. **Programa nacional de produção e uso do biodiesel – PNPB**: do discurso à pratica. 2009. 149 p. Dissertação (Mestrado – Programa de mestrado em geografia da Universidade do Rio Grande, Rio Grande). 2009.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Org.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da potassa e do fosfato, 2005. p. 93-118.

NACHTIGALL, G.R; RAIJ, B. V. Análise e interpretação do potássio no solo. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Org.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da potassa e do fosfato, 2005. p. 93-118.

NASCIMENTO, R., SUASSUNA, J. F.; NASCIMENTO, D.A.M. Crescimento de cultivares de mamona sob déficit hídrico crescente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4 & SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1.,2010, João Pessoa . **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 430-435.

NASCIMENTO, S. N. Marcha de absorção de nutrientes em dois híbridos de mamona de porte baixo. 2009. 95f. Tese (Doutor em agronomia), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009.

NASCIMENTO, J. J. V. R., NÓBREGA, J. A., REBEQUI, A. M., NOBREGA, J. A., LEITE, P. G., AZEVEDO, C. A. V. Adubação potássica no crescimento inicial do pinhão manso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4 & SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., 2010, João Pessoa. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 430-435.

OBOLARI DE MAGALHÃES, G. M. **Avaliação do impacto do programa de biocombustível na disponibilidade hídrica do cerrado.** 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e gestão ambiental), Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2007.

OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass & bioenergy**, v. 19, issue 1, p. 1-15, 1 jul. 2000.

OSAKI, F. **Calagem e adubação.** 2. ed. Campinas, SP: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 502p.

PARENTE, E. J. de S. **Biodiesel: uma Aventura Tecnológica num país engraçado.** Fortaleza: Tecbio, 2003.

PNPB – **Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel.** Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/programa.html>>. Acesso em: 19 ago. 2010.

PAIVA NETO, V. B.; BRENHA, J. A. M.; FREITAS, F. B.; ZUFFO, M. C. R.; ALVAREZ, R. C. F. Aspecto da biologia reprodutiva de *Jatropha curcas* L. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 558-563, mai-jun., 2010.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo.** 4. ed. São Paulo: Nobel, 1982. 541 p.

PUTTEN, E. V. D.; FRANKEN, Y. J.; JONGH, J. In: FACT. **The Jatropha handbook: From cultivation to application.** The Netherlands, Abr, 2010. 174 p.

SATURNINO, H. M. **Experiência com a cultura do pinhão-manso.** In: I seminário potencialidades do pinhão-manso na cadeia produtiva do biodiesel. Santa Vitória-MG. Epamig, 19 maio 2006.

SUNIL, N.; SIVARAJ, N.; ANITHA, B.; ABRAHAM, B.; KUMAR, V.; SUDHIR, E.; VARAORASAD, K. S. Analysis of diversity and distribution of *Jatropha curcas* L. Germplasm using Geographic Information System (DIVA-GIS). **Genet Resour Crop Evol**, India, v. 56, n. 1, p. 115-119, 2009. DOI: 10.1007/s10722-008-9350-x Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/582218466q4x5q76/>> Acesso em: 22 de set. de 2010.

RESENDE, J. C. F., AZEVEDO PIMENTEL, R. M., JUHÁZS, A. C. P., SILVA, V. A. Pinhão manso. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia, 2009. p. 465-476.

RODRIGUES, R. A. Programa nacional de produção e uso de biodiesel: uma referência para a análise da formulação, implementação e avaliação de políticas públicas. **Respblica**, Brasília, v. 6, n. 1, p. 9-25, jan/jun. 2007.

SACHS, I. Estudos Avançados: A revolução energética do século XXI. **SciELO Brasil**, São Paulo, v.21, n. 59, jan/abr. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100004>. Acesso em: 6 dez. 2010.

SILVA, I. F. Os biocombustíveis e o meio ambiente no contexto do pré-sal. **Artigonal**. Jun. 2010. Disponível em: <<http://www.artigonal.com/noticias-e-sociedade-artigos/os-biocombustiveis-e-o-meio-ambiente-no-contexto-do-pre-sal-2734672.html>>. Acesso em: 5 dez. 2010.

SILVA, E. B; TANURE, L. P; SANTOS, S. R; RESENDE JÚNIOR, P. S. Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-manso. **Pesq. Agropec. Bras**; Brasília, v.44, n.4, abr. 2005. p. 392 -397.

SILVA, A. N. **Produção do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função da adubação, de níveis de água e da seletividade de herbicidas**. 2010. 85 f. Dissertação (Mestre em Ciências) – Fitotecnia, Universidade de São Paulo – ESALQ, São Paulo, 2010.

SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; FERNANDES, C. R. R.; DUTRA, A. T. B.; ARAÇÃO, R. M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-manso sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 240-246, abr-jun, 2009.

TANURE, L. P. **Avaliação das limitações nutricionais em mudas de pinhão manso cultivadas em casa de vegetação**. 2009. 54f. Mestrado (produção vegetal) – universidade dos vales do Jequitinhonha e Mucuri/Faculdade de Ciências Agrárias. Diamantina – MG. 2009.

VERAS, R. P.; FERNANDES, P. D.; LAIME, E. M. O.; SUASSUNA, J. F. Crescimento de pinhão manso sob irrigação com água poluída. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VIDAL, R. A.; BAUMAN, T. Efeito de níveis de palha de trigo no micro-clima do solo sob plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTIO DIRETO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 1., 1996, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa, [s.n.], 1996. p. 118-120.