



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

JERÔNIMO ANDRADE DA NÓBREGA

**PRODUÇÃO DE PINHÃO-MANSO COM ADUBAÇÃO
ORGÂNICA E LÂMINAS DE ÁGUA RESIDUÁRIA EM
CONDIÇÕES DE CAMPO**

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
JULHO - 2014

JERONIMO ANDRADE DA NÓBREGA

**PRODUÇÃO DE PINHÃO-MANSO COM ADUBAÇÃO ORGÂNICA E LÂMINAS DE
ÁGUA RESIDUÁRIA EM CONDIÇÕES DE CAMPO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Irrigação e drenagem.

Orientadores: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes (UF CG/CTRN/UAEAg) e Prof. Dr. Carlos Alberto de Vieira Azevedo (UF CG/CTRN/UAEAg).

Campina Grande - Paraíba

Julho-2014

JERONIMO ANDRADE DA NOBREGA

**PRODUÇÃO DE PINHÃO-MANSO COM ADUBAÇÃO ORGÂNICA E LÂMINAS DE
ÁGUA RESIDUÁRIA EM CONDIÇÕES DE CAMPO**

COMISSÃO EXAMINADORA

PARECER

Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes - Orientador
UFCG/CTRN/UAEAg

Prof. Dr. Carlos Alberto de Vieira Azevedo - Orientador
UFCG/CTRN/UAEAg

Prof. Dra. Vera Lucia Antunes de Lima
UFCG/CTRN/UAEAg

Prof. Dr. Claudio Augusto Uyeda
UFCG/CTRN/UAEAg

Prof. Dra. Daniela Batista da Costa
IFPB/PICUI

Prof. Dr. Frederico Campos Pereira
IFPB/PICUI

Aos meus pais, Jamacy Andrade da Nóbrega e Idalete Nóbrega da Costa, exemplos de minha
vida.

À minha esposa, Neidivânia Nobrega, pelo apoio, incentivo e compreensão durante essa
trajetória, e a meus filhos, Layla e Jerônimo Filho.

Aos meus avós, João Dantas da Trindade (In Memoriam) e
Terezinha Lucena da Nóbrega,

MINHA HOMENAGEM.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e caráter que me concedeu, e pela perseverança e dedicação nos compromissos enfrentados, como também, pelas promessas cumpridas.

Aos meus pais, meus irmãos e a todos meus familiares, por todo seu apoio, carinho e estímulo durante esta caminhada.

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

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

Ao Banco do Nordeste, através do FUNDECI, pelo financiamento desta pesquisa.

À Fazenda Barra, na pessoa de Beranger, pelo grande apoio na realização desta pesquisa.

Aos meus orientadores, Profs. Pedro Dantas Fernandes e Carlos Alberto Vieira de Azevedo.

Ao professor e grande incentivador de toda minha formação, José Dantas Neto, que é o exemplo de toda minha família.

A Janivan, por todos os ensinamentos transmitidos, pela valiosa contribuição acadêmica e pela grande amizade e incentivo.

Aos funcionários da Coordenação de Pós-graduação, em especial a Dona Cida e Gilson pela colaboração irrestrita.

Aos Professores do Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Vera, Lúcia, Hugo e Hans, por todos os ensinamentos e amizade.

Aos colegas de curso Gilberto, Sebastião, Eloy, Renê, Iedo, Evami, Fred, Reginaldo, Lúcio, Japa, Rosalve, Diva, Jorge, Madson, Joab, Cícero Cordão, Vinícius, Amilton, Silvana, Joelma, Robi, Karina, Patrício, Walber e Rafael, pela ajuda nas horas mais difíceis e união.

Agradeço a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha formação profissional e a realização desta pesquisa.

Aos colaboradores da pesquisa e a todos que contribuíram na coleta dos dados experimentais.

E finalmente, todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para o meu sucesso durante esse Curso.

RESUMO

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma planta oleaginosa, em processo de domesticação, com foco na produção de biodiesel. Visando a contribuição para o seu sistema de produção, realizou-se, entre junho de 2011 e maio de 2012, um experimento em condições de campo, em uma área experimental da Fazenda Barra, município de Santa Luzia, PB. O objetivo era estudar os efeitos da adubação orgânica no crescimento, desenvolvimento e produção do pinhão-manso irrigado com água residuária. As plantas foram semeadas em sacos plásticos contendo substrato orgânico, e depois transplantadas para o local da pesquisa, que tinha uma área de aproximadamente 1120m². No experimento, adotou-se o delineamento estatístico em blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas com fatorial 4x3+1 com três repetições, sendo estudados 3 níveis de adubação (A1=5kg, A2= 10kg, A3= 15kg) com esterco bovino e 4 níveis de reposição de evapotranspiração, (L1 = 25%; L2 = 50%; L3 = 75%; L4 =100%), além de um tratamento adicional em sequeiro. As variáveis estudadas foram: Altura de Plantas (AP), Diâmetro de Caule (DC), Número de Folhas (NF), Peso de Fruto, Casca e Semente, (PF, PC, PS), Teor de óleo e as Trocas Gasosas. Observou-se o efeito significativo do fator adubação nas variáveis altura de plantas, diâmetro de caule e número de folhas, alcançando maiores índices quando a adubação foi realizada com 15kg de adubo orgânico. No fator lâminas de irrigação, verificou-se que o aumento da disponibilidade hídrica promoveu um efeito significativo nas variáveis estudadas, principalmente na altura de plantas. Verificou-se que nas variáveis de produção as doses de adubo não foram afetadas significativamente, já em função das lâminas de irrigação com água residuária foi constatado efeito significativo ($p \leq 0,01$), verificando então que a influência do níveis de reposição hídrica com água residuária independe da quantidade de adubo orgânico que foi utilizado na pesquisa, um efeito também constatado nas trocas gasosas. Na produção do óleo verificou-se que não houve diferença significativa nos atributos físicos e químicos do óleo do pinhão-manso. Em função dos tratamentos testados, constatou-se ainda que os atributos energéticos obtidos no óleo do pinhão-manso atendem às especificações da Agência Nacional do Petróleo (ANP). Foi verificado ainda que a maior lâmina e a maior dose de adubação orgânica foi a que apresentou melhor produção da cultura em estudo.

Palavras-chave: *Jatropha curcas* L., evapotranspiração, água residuária.

ABSTRACT

Jatropha curcas L. is an oilseed plant in process of domestication to biofuel production. In order to contribute to its crop system, it was carried out, between June 2011 and May 2012, an experiment under field conditions in Barra Experimental Farm, Santa Luzia, PB. The aim was to study effects of organic fertilization on growth, development and production of *jatropha* irrigated with wastewater. Plants were sown in plastic bags containing organic substrate, and transplanted to a field with area closely to 1120m². It was adopted the randomized blocks design in a split plot scheme with 4x3+1 factorial with three replications. The treatments studied were 3 fertilization levels (A1 = 5kg, 10kg = A2, A3 = 15 kg per plant) and 4 levels replacement of crop evapotranspiration (L1 = 25%; L2 = 50%; L3 = 75%; L4 = 100%), and an additional treatment (control). Plant height (AP), stem diameter (DC), number of leaves (NF), fruit weight, peel and seed, (PF, PC, PS), oil content and leaf gas exchange. There was a significant effect of fertilization factor in the variables plant height, stem diameter and number of leaves, reaching higher levels when organic fertilizer was applied with 15kg per plant. The irrigation levels increased in water availability caused a significant effect on the variables studied, mainly in plant height. It appears that the variable production under fertilizer doses was not significantly affected, as a function of irrigation with wastewater was found significantly ($p \leq 0.01$), then verifying that the influence of the levels of wastewater replacement is independent of the amount of organic fertilizer that was used in the survey. Similar effect was also observed in leaf gas exchange. *Jatropha* oil was no significant difference in physical and chemical properties. Depending on the treatments tested it was found that even the energetic attributes obtained from *jatropha* oil is according to the specifications of the Agência Nacional de Petróleo (ANP).

Keywords: *Jatropha curcas* L., evapotranspiration, wastewater.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivo Geral.....	16
2.2. Objetivos Específicos	16
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1. Descrição Botânica, Morfologia e Fisiologia do Pinhão-manso	17
3.2. Importância Econômica do Pinhão-manso e sua Utilização	18
3.3. Requerimentos e Implicações Ambientais	19
3.3.1 Clima e Solo.....	20
3.4. Adubação	21
3.4.1. Adubação Orgânica.....	22
3.5 Manejo da irrigação.....	23
3.5.1. Eficiência do Uso da Água	23
3.5.2. Evapotranspiração da Cultura.....	24
3.5.3. Qualidade e Quantidade de Água na Agricultura.....	25
3.6. Importância do Uso de Águas Residuárias na Agricultura.....	28
4. MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1. Localização da Área Experimental	33
4.2. Caracterização da Área da Pesquisa.....	35
4.3. Formação das Mudanças e Instalação do Experimento.....	35
4.4. Preparo do Solo e Adubação.....	37
4.5. Irrigação	39
4.6. Tratos Culturais e Fitossanitários	39
4.7. Tratamentos e Delineamento Experimental.....	42
4.8. Análises Estatísticas	42
4.9. Variáveis de Crescimento	43
4.9.1. Altura de Plantas (AP).....	43
4.9.2. Número de Folhas (NF).....	43
4.9.3. Diâmetro do Caule.....	43
4.9.4. Taxas de Crescimento Absoluto em Altura de Plantas e Diâmetro Caulinar.....	43
4.10. Variáveis de Produção	44
4.10.1. Peso dos Frutos, da Casca e das Sementes.....	44

4.10.2. Teor de Óleo das Sementes.....	45
4.11. Trocas Gasosas	47
4.12. Análise de Fertilidade do Solo no Final do Experimento.....	48
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5.1. Variáveis de Crescimento	49
5.1.1. Altura de Plantas (AP).....	49
5.1.2. Número de Folhas(NF).....	57
5.1.3. Diâmetro Caulinar (DC)	65
5.1.4. Taxa de Crescimento Absoluto em Altura de Plantas e Diâmetro de Caule.	71
5.2. Variáveis de Produção	75
5.2.1. Peso dos Frutos, da Casca e das Sementes	75
5.2.2. Teor de Óleo das sementes	80
5.3. Trocas Gasosas	85
5.4. Análise de Fertilidade do Solo no Final do Experimento.....	86
6. CONCLUSÕES	88
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
8. APÊNDICE	102

LISTA DE TABELAS

TABELA	DESCRIÇÃO	PÁGINA
Tabela 1:	Recomendação de adubação para cultura do pinhão-manso de acordo com a idade das plantas.....	21
Tabela 2:	Recomendação de fontes e doses de adubos orgânicos para o plantio do pinhão-manso	23
Tabela 3:	Diretrizes para interpretar a qualidade da água para a irrigação	27
Tabela 4:	Características dos efluentes domésticos secundários.....	28
Tabela 5:	Tipos de reuso não potável e suas respectivas finalidades	29
Tabela 6:	Aumento da produtividade agrícola (t/há/ano) mediante a irrigação com água de esgotos domésticos	31
Tabela 7:	Características químicas do solo antes do transplântio , Fazenda Barra, município de Santa Luzia-PB	38
Tabela 8:	Características físico-hídricas do solo antes do transplântio , Fazenda Barra, município de Santa Luzia-PB	39
Tabela 9:	Características físico-químicas da água utilizada nas irrigações.....	41
Tabela 10:	Resumo da análise de variância para a altura de plantas em diferentes épocas de avaliação de pinhão-manso em função de doses de adubação orgânica e de níveis de reposição com água residuária	51
Tabela 11:	Desdobramento do fator laminas de reposição hídrica(L) em cada dose de adubação orgânica (A) para a altura de planta de pinhão-manso em diferentes épocas de avaliação	53
Tabela 12:	Comparação de médias para altura de plantas de pinhão-manso em diferentes épocas de avaliação para os tratamentos testados e para o tratamento adicional (testemunha)	56
Tabela 13:	Resumo da análise de variância para o número de folhas de plantas de pinhão-manso em diferentes épocas em função da adubação orgânica e de níveis de reposição hídrica com água residuária.....	58
Tabela 14:	Médias de número de folhas do pinhão-manso para o desdobramento do fator	59

Adubação(A) dentro de cada lamina de reposição hídrica (L) dos 60 aos 210 DAT.....	
Tabela 15: Médias de número de folhas do pinhão-manso para o desdobramento do fator Adubação(A) dentro de cada lamina de reposição hídrica (L) dos 240 aos 390 DAT	60
Tabela 16: Desdobramento do fator laminas de reposição hídrica(L) em cada dose de adubação orgânica (A) para o número de folhas de pinhão-manso em diferentes épocas de avaliação dos 60 aos 210 DAT	62
Tabela 17: Desdobramento do fator laminas de reposição hídrica(L) em cada dose de adubação orgânica (A) para o número de folhas de pinhão-manso em diferentes épocas de avaliação dos 240 aos 390 DAT	63
Tabela 18: Comparação de médias para o número de folhas de pinhão-manso em diferentes épocas de avaliação para os tratamentos testados e para o tratamento adicional(testemunha)	64
Tabela 19: Resumo da análise de variância para o diâmetro do caule de pinhão-manso em diferentes épocas em função da adubação orgânica e de níveis de reposição hídrica com agua residuária.....	67
Tabela 20: Estudo da regressão e teste de comparação de médias para o diâmetro do caule de pinhão-manso em diferentes épocas em função da adubação orgânica e de reposição hídrica com agua residuária.....	68
Tabela 21: Comparação de médias para o diâmetro de caule do pinhão-manso em diferentes épocas de avaliação para os tratamentos testados e para o tratamento adicional(testemunha).....	70
Tabela 22: Resumo da análise de variância para as variáveis de produção (peso de casca, fruto e sementes) de pinhão-manso em diferentes épocas em função da adubação orgânica e de níveis de reposição hídrica com agua residuária.....	77
Tabela 23: Atributos físico e químicos do óleo de pinhão-manso	81
Tabela 24: Atributos energéticos do biodiesel obtido com óleo de pinhão-manso	84
Tabela 25: Medias para as variáveis de trocas gasosas: Fotossíntese Liquida (A), Condutância Estomática (gs), Transpiração(E), Concentração Interna de CO ₂ (Ci), Eficiência Instantânea do Uso da Água (A/E-EiUA), Eficiência instantânea da Carboxilação (A/Ci-EiC)	85
Tabela 26: Características químicas do solo antes e depois do transplântio, Fazenda Barra, Santa Luzia-PB	87

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIÇÃO	PÁGINA
Figura 1:	Localização geográfica do município de Santa Luzia, PB.....	33
Figura 2:	Recorte dos limites geográficos do município de Santa Luzia, PB.....	34
Figura 3:	Concentração do período chuvoso no município de Santa Luzia, PB.....	35
Figura 4:	Croqui da área experimental do pinhão manso, Santa Luiza-PB.....	36
Figura 5:	Diferentes épocas de amadurecimento do pinhão-manso	44
Figura 6:	Estágios de colheita de frutos de pinhão-manso	45
Figura 7:	Frutos, cascas e sementes de pinhão-manso	45
Figura 8:	Análise de regressão para o desdobramento das lâminas de irrigação em cada dose de adubo orgânico para a variável altura de plantas de pinhão-manso aos 390 dias após o transplântio.....	55
Figura 9:	Teste de comparação de médias para o desdobramento das doses de adubação em cada lâmina de irrigação para a variável AP, aos 390 DAT. Em cada lâmina, barras com mesma letra indicam não haver diferença pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)	55
Figura 10:	Taxa de crescimento absoluto em altura de plantas(TCAap).....	73
Figura 11:	Taxa de crescimento absoluto em diâmetro de caule(TCA _{dc}).....	74
Figura 12:	Análise de regressão para o peso de casca (A), peso de frutos (B) e peso de sementes (C), expressos em g por planta de pinhão-manso em função da reposição hídrica com de água residuária	78
Figura 13:	Médias para Peso de Fruto, Casca e sementes de pinhão-manso em diferentes épocas de avaliação para os tratamentos testados e para o tratamento adicional (testemunha).....	79
Figura 14:	Visão geral do experimento do pinhão-manso.....	103
Figura 15:	Equipe de avaliações do experimento do pinhão-manso	103

1. INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica vivenciada pelo homem moderno tem sido fortemente associada à necessidade de incremento na demanda energética, hoje essencial à melhoria de sua qualidade de vida e ao desenvolvimento econômico. A constante oscilação no preço do barril de petróleo e a eminente necessidade de se reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE), aliados às questões de segurança energética, fazem com que o assunto biocombustíveis ganhe destaque mundialmente ao contribuir para discussões efetivas sobre a utilização de fontes renováveis de energia (KOHLHEPP, 2010). A busca por alternativas destinadas ao setor de transportes dá origem a estudos focados em soluções envolvendo matérias-primas provenientes de solos de baixa fertilidade e que não sejam fontes de alimentação humana direta ou indireta (GARCEZ et al., 2008).

Masieiro e Lopes (2008) afirmam que nas regiões em desenvolvimento a petrodependência se mostra bastante acentuada e o acesso aos serviços de energia é extremamente baixo. Por outro lado, países da América Latina têm sido apontados como potenciais fornecedores de etanol e biodiesel, enquanto as economias asiáticas, devido ao grande crescimento econômico e à carência de recursos energéticos para mantê-lo, são vistas como grandes consumidores. Ao serem pressionados por estes fenômenos, os países destas regiões buscam a inserção no recém formado mercado de energias alternativas ao petróleo.

O interesse comercial no Brasil, pela cultura, foi despertado por apresentar características desejáveis tanto na renovação da base energética nacional como na agricultura familiar, favorecendo a permanência do homem no campo, por se tratar de uma cultura com amplo potencial agrícola, destacando-se pela alta produtividade e qualidade satisfatória do óleo para produção de biodiesel (FRANCIS et al., 2005).

A espécie apresenta algumas características desejáveis, tais como óleo de alta qualidade e possibilidade de inserção na cadeia produtiva da agricultura familiar (LAVIOLA et al., 2010). Contudo, limitações técnicas têm impedido a inserção plena do pinhão-mansão na matriz energética brasileira. A maturação desuniforme dos frutos e a baixa produtividade de grãos têm limitado a viabilidade econômica desse cultivo. Da expectativa inicial de quatro ou mais toneladas de grãos por hectare, produtividades inferiores a 1,0 t/ha estão sendo obtidas em diferentes condições edafoclimáticas, principalmente em razão de limitações hídricas ou do ataque de pragas e doenças. Projeções não realizadas da produtividade de grãos podem ser atribuídas a observações de plantas isoladas, que desconsiderem a redução no

desenvolvimento em plantios. Spinelli et al. (2010), ao quantificar os efeitos diretos e indiretos de características vegetativas e da qualidade da matéria prima no rendimento de óleo do pinhão-mansão, observaram que a produtividade de grãos foi o componente mais importante do rendimento de óleo, seguida do volume de copa e do teor de óleo nos grãos.

Recentemente, o pinhão-mansão está sendo considerada uma opção agrícola principalmente para a região Nordeste, por ser uma espécie nativa, exigente em insolação e com forte resistência à seca. Segundo Carnielli (2008) é uma planta oleaginosa viável para a obtenção do biodiesel, pois produz, no mínimo, duas toneladas de óleo por hectare, levando de três a quatro anos para atingir a idade produtiva, que se pode estender por mais de 40 anos. O pinhão-mansão, além de ser excelente fornecedor de óleo vegetal para o biodiesel, está sendo estudado para a recuperação de áreas degradadas, em áreas marginais e de baixa fertilidade, e em regiões de baixa precipitação, não é necessário mecanização da área a ser plantada (TOMINAGA et al., 2007).

Segundo Castro Neto (2009), o pinhão-mansão é uma planta caducifólia: as folhas caem em parte ou totalmente quando termina a estação chuvosa ou durante a estação fria, quando a planta entra em um período de repouso. Neste estado a planta permanece até o começo da primavera ou da estação chuvosa. O término do repouso vegetativo é demonstrado com o rápido surgimento dos brotos no ápice dos galhos do ano. Na mesma ocasião do surgimento dos brotos, aparecem também as inflorescências.

Arruda et al. (2004) descrevem a planta como uma euforbiácea exigente em insolação e resistente à seca, sendo uma cultura viável para pequenas propriedades rurais. Devido aos princípios tóxicos presentes em sua estrutura, o pinhão-mansão não é comestível (ACHTEN et al., 2008; CASTRO et al., 2008; ARRUDA et al., op. cit.) e por ser perene, pode produzir por até 40 anos, sendo adaptado ao relevo montanhoso, que limita o plantio de culturas anuais, apresentando um importante potencial de contribuição na inserção da agricultura familiar na cadeia dos biocombustíveis bem como ao desenvolvimento sustentável (BHARADWAJ et al., 2007; OPENSHAW et al., 2000).

Segundo Roza (2010), um dos recursos tidos como críticos para viabilizar os programas sustentáveis é a água, o que torna necessários estudos a respeito da relação entre água e produção de biomassa para fins energéticos como, por exemplo, a produção de biodiesel a partir do pinhão-mansão.

Na região semiárida os plantios comerciais são, muitas vezes, inviáveis sem o uso da irrigação, mas esta tecnologia ainda é pouco utilizada por produtores de pinhão-mansão devido à sua maior onerosidade e falta de pesquisas que mostrem suas reais necessidades hídricas e

viabilidade econômica. Desta forma, o uso da irrigação pode trazer grandes vantagens, aumentando a produção, mantendo a oferta constante e melhorando o rendimento da matéria-prima para o biodiesel. Tais vantagens se consolidam principalmente com a utilização do sistema de irrigação tipo gotejamento, que possui eficiência de uso da água em torno de 90 a 95%, tendo em vista que, para a limitação da disponibilidade de água no semiárido, fazem-se necessárias práticas de redução do seu uso (LIMA JÚNIOR, 2011).

A utilização das águas residuárias tratadas na agricultura é importante não apenas por servir como fonte extra de água, mas também de nutrientes para as culturas (SANDRI et al., 2007). Neste contexto, as plantas desempenham papel importante, extraindo macro e micronutrientes disponibilizados pelas águas residuárias e necessários ao seu crescimento, evitando o acúmulo dos mesmos, a consequente salinização do solo e a contaminação das águas superficiais e subterrâneas (RIBEIRO et al., 2009).

A aplicação de efluente de esgotos no solo é uma forma efetiva de controle da poluição, além de uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semiáridas. Os maiores benefícios dessa forma de reúso estão associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública (SILVA et al., 2009).

Ante o exposto, o objetivo desta pesquisa será avaliar o crescimento e produtividade do pinhão-mansão, irrigado com lâminas de água residuária e adubado organicamente em condições de campo.

2. OBJETIVOS

2.1 - OBJETIVO GERAL

Avaliar o crescimento e produção do pinhão-mansô sob diferentes lâminas de água residuária e adubação orgânica em condições de campo.

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar qual a lâmina de irrigação com água residuária que proporciona o máximo de crescimento e produtividade do pinhão-mansô;
- Avaliar como a adubação orgânica pode proporcionar maior eficiência no crescimento e produção do pinhão-mansô;
- Identificar alterações nas trocas gasosas do pinhão-mansô em função da adubação orgânica e de irrigação com água residuária;
- Avaliar os efeitos dos tratamentos sobre o teor de óleo das sementes;
- Determinar o impacto da água residuária sobre as propriedades químicas e física do solo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 - DESCRIÇÃO BOTÂNICA, MORFOLOGIA E FISIOLOGIA DO PINHÃO MANSO

A denominação científica em grego “*Jatropha*” significa medicamento. De fato, a semente era usada como vermífugo ou purgante de animais. O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), também conhecido como pinhão-branco, pinhão-do-Paraguai, purgueira, pinhão-de-purga, grão-de-maluco, pinhão-de-cerca, turba, tartago, medicineira, tapete, siclitê, pinhão-do-inferno, figo-do-inferno, inhão-das-barbadas, sassi, etc., é provavelmente originário do Brasil, tendo sido introduzido por navegadores portugueses nas Ilhas do Arquipélago Cabo Verde e Guiné, de onde foi disseminada pelo continente Africano (TOMINAGA et al., op. cit.).

Segundo Cortesão (1956), os portugueses distinguem duas variedades de pinhão: a catártica medicinal, a mais dispersa no mundo, com amêndoas muito amargas e purgativas; e a variedade árvore de coral, medicinal-de-espanha, árvores de nozes purgativas, com folhas eriçadas de pelos glandulares que segregam látex, límpido, amargo, viscoso e muito cáustico. É uma árvore de crescimento rápido, cuja altura normal é de dois a três metros, mas pode alcançar de seis a oito metros em condições especiais e diâmetro do tronco de aproximadamente 20 cm (TOMINAGA et al., op. cit.). Possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho mole e medula desenvolvida mas pouco resistente; floema com longos canais que se estendem até as raízes, nos quais circula o látex, suco leitoso que corre com abundância de qualquer ferimento. O tronco ou fuste é dividido desde a base, em compridos ramos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas (BRASIL, 1985).

Tominaga et al. (op. cit.) relatam que as folhas novas do pinhão-manso têm a cor vermelho-vinho, mas se tornam verdes e brilhantes ao crescer; caem na época de seca ou na estação fria e a planta entra em repouso; no começo da primavera ou da época das chuvas, a planta rebrota e termina o período de repouso e, junto com as folhas novas, surgem as inflorescências; trata-se de uma planta monoica, com flores masculinas e femininas na mesma inflorescência. As flores são brancas e formam buquê, com 10 a 20 flores femininas e mais de 50 masculinas. As flores femininas têm pedúnculo longo, isoladas e se localizam nas ramificações, enquanto as flores masculinas têm dez estames, cinco unidos na base e cinco unidos na coluna, localizando-se nas pontas das ramificações.

A abertura das flores femininas na mesma inflorescência ocorre em dias diferentes. Após abertura da primeira flor as outras se abrem, diariamente, durante cerca de 11 dias consecutivos. A polinização é por insetos (abelhas, formigas, trips e moscas). Da flor ao fruto maduro são decorridos cerca de 60 dias (DIAS et al., 2007).

3.2 - IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO PINHÃO-MANSO E SUA UTILIZAÇÃO

Segundo Brasil (op. cit.), nos países importadores, basicamente Portugal e França, as sementes de pinhão-manso sofrem o mesmo tratamento industrial que as bagas de mamona, isto é, cozimento prévio e esmagamento subsequente em prensas tipo “expeller”, para extração do óleo que, em seguida, é filtrado, centrifugado e clarificado, resultando em um produto livre de impurezas.

Além de produzir óleo, o pinhão manso também pode ser utilizado para outros fins, tais como: substituição parcial do arame em cercas vivas, já que os animais evitam tocá-lo devido ao látex cáustico que escorre das folhas arrancadas ou feridas; como suporte para plantas trepadeiras, como a baunilha (*Vanilla aromática*), visto que o tronco possui casca lisa e macia; e como fixador de dunas na orla marítima (PEIXOTO, 1973).

Como citado anteriormente, a denominação científica em grego “*Jatropha*” significa medicamento; de fato, na medicina humana e veterinária o pinhão-manso era bastante utilizado (CÁCERES et al. 2007; TOMINAGA et al., op. cit.). As raízes da planta são consideradas diuréticas e antileucêmicas e as folhas são empregadas para combater doenças de pele; são eficazes também contra o reumatismo e possuem poder antissifilítico, enquanto as sementes são utilizadas como vermífugo ou purgante, verificando-se casos de intoxicação em crianças e adultos quando há ingestão em excesso, o que pode ser perigoso e até fatal. Atribuem-se as propriedades tóxicas do pinhão-manso a uma globulina, a curcusina, e também ao ácido jatrópico de toxicidade igual ou superior à da ricinina. A ingestão de uma única semente fresca pode causar vômito e diarreia (PEIXOTO, op. cit.).

O alto teor de óleo das sementes de pinhão-manso, entre 35 e 38%, aliado à característica de queimar sem liberar fumaça, fez dele um dos mais conhecidos biocombustíveis de origem tropical. Resultados com o óleo extraído do pinhão-manso, comparando-o com o diesel: o óleo tem 83,9% do poder calorífico do óleo diesel em um

motor diesel, para gerar a mesma potência, ruído mais suave e poluição bem menor (ADAM, 1974; STIRPE et al., 1976; MAKKAR et al., 1997).

Recentemente, o pinhão-manso está sendo considerado uma opção agrícola principalmente para a região Nordeste, por ser uma espécie nativa, exigente em insolação e com forte resistência à seca. Segundo Carnielli (op. cit.) é uma planta oleaginosa viável para a obtenção do biodiesel, pois produz, no mínimo, duas toneladas de óleo por hectare, e sua idade produtiva pode estender por mais de 40 anos.

O pinhão-manso, além de ser excelente fornecedor de óleo vegetal para o biodiesel, está sendo estudado para a recuperação de áreas degradadas, em áreas marginais e de baixa fertilidade, e em regiões de baixa precipitação, não é necessário mecanização da área a ser plantada (TOMINAGA et al., op. cit.)

Como é uma cultura perene, segundo Peixoto (op. cit.), a espécie pode ser utilizada na conservação do solo, pois o cobre com uma camada de matéria seca reduzindo, desta forma, a erosão e a perda de água por evaporação, evitando enxurradas e enriquecendo o solo com matéria orgânica decomposta. O plantio do pinhão-manso já é tradicionalmente utilizado como cerca viva para pastos no Norte de Minas Gerais, com a vantagem de não ocupar áreas importantes para outras culturas e pastagens e favorecer o consórcio nos primeiros anos, pois o espaçamento entre plantas é grande (PURCINO & DRUMMOND, 1986).

3.3 - REQUERIMENTOS E IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS

O pinhão-manso apresenta distribuição geográfica bastante vasta devido à rusticidade, resistência a longas estiagens, pragas e doenças, embora seja adaptável a condições edafoclimáticas muito variáveis, desde o Nordeste brasileiro até São Paulo e Paraná. A espécie se desenvolve bem, tanto nas regiões tropicais secas, como nas zonas equatoriais úmidas e assim como nos terrenos áridos e pedregosos podendo, sem perigo, suportar longos períodos de seca (CORTESÃO, op. cit. e PEIXOTO, op. cit.). O pinhão-manso se adapta a altitudes baixas, como o nível do mar, até altitudes próximas a 1000 metros (SATURNINO et al., 2005). Seu cultivo é mais indicado em regiões com altitude entre 500 e 800 m. Em terrenos de encosta, áridos e expostos ao vento, se desenvolve pouco, não ultrapassando os 2 m de altura (CORTESÃO, op. cit.; PEIXOTO, op. cit.; DIAS et al., op. cit.).

3.3.1 - Clima e Solo

Nas regiões semiáridas, a floração anual do pinhão-manso ocorre de três a quatro vezes, podendo chegar a mais de seis vezes nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, embora o excesso de chuva no período da colheita possa atrapalhar o trabalho (TOMINAGA et al., op. cit.). A espécie apresenta tolerância às condições de precipitação pluviométricas de 480 a 2.380 mm/ano, sendo que a produtividade é bastante afetada pela irregularidade na distribuição das chuvas e pelos ventos fortes e prolongados na época da floração (SATURNINO et al., op. cit.). Observa-se que a planta se desenvolve melhor sob temperatura média de 18 a 28° C e precipitação acima de 800 mm anuais, bem distribuída (DIAS et al., op. cit.). Para uma produção adequada o ideal são precipitações acima de 600 mm/ano, e temperaturas médias anuais de 18,0 a 28,5° C (TOMINAGA et al., op. cit.).

De acordo com Peixoto (op. cit.) e Brasil (op. cit.), apesar de pouco exigente a condições climáticas e solo fértil, adaptando-se facilmente a variadas condições, o pinhão-manso deve preferencialmente ser cultivado em solos profundos, bem estruturados e pouco compactados, para que o sistema radicular possa se desenvolver e explorar maior volume de solo, satisfazendo a necessidade da planta em nutrientes. Devem ser evitados os solos muito argilosos, rasos, com umidade constante, pouco arejados e de difícil drenagem, já que a planta não tolera áreas encharcadas ou alagadiças.

Dias et al. (op. cit.) relatam que o preparo do solo deve ser realizado com o uso de arado, de preferência de aiveca, devido ao melhor revolvimento e enterrio das sementes das plantas daninhas sendo, em seguida, nivelado por uma grade leve que não seja aradora. O solo pode ser preparado seco ou no ponto da friabilidade, dependendo de sua textura e estrutura. Em solos ácidos, com pH abaixo de 4,5, as raízes do pinhão-manso não se desenvolvem, tornando-se conveniente a realização de calagem com base na análise química do solo, a qual indicará a quantidade de calcário, gesso, macro e micronutrientes necessários para satisfazer a exigência da cultura.

3.4 - ADUBAÇÃO

O pinhão-manso sobrevive bem em solos pobres e secos, podendo desenvolver-se em áreas marginais e atuar na recuperação de áreas degradadas. Porém, para se obter altas produtividades, deve-se pensar em solos com boa fertilidade, corrigidos e com bom teor de umidade (TOMINAGA et al., op. cit.). Na cova de plantio, o solo deve conter elevado teor de

nutrientes, pois na fase de muda o sistema radicular do pinhão-mansão tem baixa eficiência de absorção; além disso, a planta entra em produção já no primeiro ano de cultivo e, quanto melhor for o seu estabelecimento inicial no campo, maior será a produtividade inicial da cultura (DIAS et al., op. cit.). Esses autores recomendam adubação de produção em função da idade do pinhão-mansão (Tabela 1).

Tabela 1- Recomendação de adubação para cultura do pinhão manso de acordo com a idade das plantas

Idade da planta (ano)	g/planta	Formulado
0 a 1	120 a 150	20-00-15
1 a 2	160 a 200	20-10-15
3 a 4	300 a 375	20-10-15
4 a 5*	600 a 750	20-10-15

*A partir do 5º ano de cultivo seguir a recomendação de adubação para o 4º ano.

FONTE: Dias et al. (op. cit.)

De acordo com Tominaga et al. (op. cit.), a adubação de cobertura com nitrogênio deve ser feita após o pegamento das mudas, ou seja, cerca de dois ou três meses após plantio, quando sua altura chega a quase 1 m. Recomenda-se aplicar 40 g de N por planta, na forma de ureia ou sulfato de amônio. A partir do segundo ano, a adubação de cobertura deve ser feita logo após a primeira chuva e dependendo do resultado da análise do solo, além do nitrogênio devem ser aplicados também fósforo e potássio (TOMINAGA et al., op. cit.).

3.4.1 - Adubação orgânica

Os adubos orgânicos apresentam características diferentes quanto aos teores de nutrientes, em face, principalmente, da origem dos mesmos. A aplicação de adubos orgânicos em solos, além do efeito direto no suprimento de nutrientes para as plantas, melhora as condições físicas e biológicas desses solos e contribui para baixar os teores de alumínio trocável (COSTA, 1983). São caracterizados pelos elevados teores de matéria orgânica, teores totais dos nutrientes, inclusive nitrogênio, teor de água e relação C/N (MALAVOLTA, 1981). A riqueza de um adubo orgânico em nutriente depende da origem do material e de seu manuseio. A busca pela melhoria da qualidade do solo e a necessidade de reduzir custos têm contribuído para aumentar o uso de esterco, resíduos sólidos e outros tipos de adubos orgânicos na produção agrícola (SEITER & HORWATH, 2004).

A matéria orgânica também oferece uma série de benefícios para o solo e, conseqüentemente, para as plantas cultivadas, haja vista que reduz a acidez, diminui os teores de alumínio e manganês tóxicos, aumenta o pH, CTC, transporte e disponibilidade de micronutrientes, melhora a estrutura do solo, refletindo positivamente na aeração, permeabilidade e infiltração de água, promovendo um desenvolvimento vegetativo adequado, através de produtividades economicamente viáveis (CARDOSO & OLIVEIRA, 2002). Isso ocorre em razão de os resíduos orgânicos serem fontes de nutrientes, o que se torna importante, dado que a matéria orgânica é responsável por grande parte das cargas existentes nos solos brasileiros, aumenta a atividade microbiana, melhora a retenção de água e controla a temperatura do solo. A prática de se adicionar adubos orgânicos ao solo é, portanto, uma forma de manter ou melhorar sua qualidade, aumentando o teor de matéria orgânica do solo e adicionando nutrientes ao mesmo, o que pode resultar em uma economia de fertilizantes minerais.

Laviola et al. (2009) recomendam a colocação de 15L (Tabela 2) de esterco de bovino na ocasião do plantio; segundo os autores, é uma garantia para o bom estabelecimento da planta em campo.

O esterco bovino tem, na sua composição, de 30 a 58% de matéria orgânica, considerado ótimo meio de cultura para os organismos, em virtude de elevar a quantidade de bactérias do solo quando adicionado como fertilizante. Julgava-se, de início, que este aumento era devido aos micro-organismos existentes no esterco: mais tarde, no entanto, ficou demonstrado que, mesmo se adicionando ao solo esterco esterilizado sem micro-organismos vivos, obtinha-se aumento considerável da população microbiana (ERNANI & GIANELLO, 1983; DEMÉTRIO, 1988; ARAÚJO et al, 1999). A adição de esterco favorece a complexação do alumínio trocável, reduzindo seus teores no solo, além de aumento de pH do solo, proporcionando elevação da CTC (ANDREOLA et al., 2000a, BAYER & MIELNICZUK, 1997). Sua aplicação fornece energia e carbono à população microbiana do solo, favorecendo as biotransformações dos nutrientes, principalmente do P (RHEINHEIMER et al., 2000; BAYER & MIELNICZUK, op. cit.). Adições contínuas de resíduos orgânicos não incorporados favorecem a formação e estabilidade de agregados, retenção de água, porosidade e aeração do solo (ANDREOLA et al., 2000b; BAYER & MIELNICZUK, op. cit.).

Tabela 2- Recomendação de fontes e doses de adubos orgânicos para plantio do pinhão-manso

Tipo de adubo	Quantidade
Esterco de curral	15 L/cova
Esterco de galinha	3 L/cova
Torta de mamona	2 L/cova
Torta de pinhão-manso	2 L/cova
Compostagem	3 L/cova

FONTE: Laviola et al. (2009)

3.5 - MANEJO DA IRRIGAÇÃO

Segundo Medeiros & Gheyi (1994), normalmente a salinidade em áreas irrigadas é consequência do uso de água de qualidade inadequada associado ao sistema do manejo solo-água-plantas. Os autores ainda afirmam que, qualquer que seja a fonte, a água utilizada na irrigação sempre contém sais, embora a quantidade e a qualidade dos íons presentes possam variar bastante.

O manejo da irrigação compreende um conjunto de procedimentos que devem ser adotados para assegurar o suprimento adequado de água à cultura, durante suas diferentes fases de desenvolvimento, de forma eficiente e econômica, reduzindo as perdas de água e nutrientes, porém sem redução do rendimento. Frequentemente, é antieconômico manter a cultura irrigada em um nível de potencial mátrico que permita a máxima produtividade fisiológica (FRIZZONE, 1990).

3.5.1 - Eficiência do uso da água

A quantidade de água de rega num determinado cultivo deve ser aquela que maximiza os objetivos do produtor por unidade de área cultivada ou unidade de água aplicada (ENGLISH & RAJA, 1996), e o conceito de Eficiência do Uso da Água (EUA) pode ser utilizado para medir como a água é utilizada na agricultura. A EUA pode ser definida como a razão entre o rendimento da cultura e a sua evapotranspiração (HATFIELD et al., 2001; ANYIA & HERZOG, 2004).

A eficiência de uso da água é a relação entre a produção e o volume de água utilizado pela cultura durante todo seu ciclo, fornecendo um modo simples de avaliar se a produção está sendo limitada pelo suprimento de água ou por outros fatores (ANGUS & VAN HERWAARDEN, 2001).

A EUA e a resistência à seca são frequentemente tratadas como sinônimos, embora normalmente não estejam relacionadas. Para Doorenbos e Kassam (1994), a EUA refere-se a uma variável de rendimento total da colheita por unidade de água utilizada (kg m^{-3}), e o maior objetivo das pesquisas nesta área reside em se conseguir altos valores de eficiência, mantendo-se altas produtividades. No entanto, a ênfase dada à resistência a seca é frequentemente relacionada à sobrevivência da planta durante períodos de déficit hídrico, resultante do baixo fornecimento de água e alta radiação, temperatura e demanda evaporativa da atmosfera (HERNANDEZ, 1991). De acordo com este autor, tanto a produtividade biológica como a de frutos e a quantidade de água evapotranspirada, são dependentes do balanço de energia e a eficiência de uso de água, por sua vez, é dependente da distribuição de energia dentro da cultura.

3.5.2 - Evapotranspiração da cultura

Um dos procedimentos utilizados para estimativa das necessidades de água das culturas envolve a determinação de evapotranspiração de referência (ET_o) a qual, mediante o emprego de coeficiente de cultivo (K_c) apropriado, permite estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c) nos diferentes estágios de seu desenvolvimento (ALLEN et al., 1998). A evapotranspiração tem sido, há muito tempo, objeto de estudo de muitos pesquisadores, que apresentaram a terminologia de evapotranspiração máxima (ET_c) como um parâmetro que expressa o consumo hídrico das culturas sob condições de suprimento de água adequado. Segundo os autores, a ET_c se refere à perda de água de uma cultura agrônômica sem restrições de água e em qualquer estágio de desenvolvimento.

Conforme Sousa e Dantas Neto (1997), o manejo da água em culturas irrigadas tem, como objetivo decidir como, quanto e quando irrigar. A quantidade de água a ser aplicada é normalmente determinada pela necessidade hídrica da cultura, podendo ser estimada através da evapotranspiração ou por meio da tensão da água no solo. Para se determinar o momento da irrigação, além de outros parâmetros mencionados, pode-se utilizar outras medidas de avaliação de água no solo, como turno de irrigação, ou considerar os sintomas de deficiência de água nas plantas.

A determinação da ET_c é imprescindível não só na agricultura irrigada como, também, útil na agricultura de sequeiro, visto que permite o ajustamento de época de semeadura dentro da estação de crescimento, em função da disponibilidade hídrica média da região,

determinando maior eficiência no aproveitamento das precipitações pluviais, além de possibilitar a identificação da necessidade de utilização de irrigações suplementares. O conhecimento da ETC é de considerável importância não só no aspecto físico e biológico mas, também, na engenharia aplicada, tendo em vista que em uma área irrigada o dimensionamento dos equipamentos hidráulicos leva em consideração tal parâmetro (PAVANI, 1985).

A evapotranspiração da cultura pode ser medida diretamente através de lisímetros ou evapotranspirômetros e estimada pelos métodos do balanço hídrico do solo, balanço de energia sobre a cultura ou modelos micrometeorológicos. São diversos os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência, sendo a escolha de um ou de outro baseado principalmente no tipo de dado disponível em estações meteorológicas e na precisão requerida para determinação das necessidades hídricas das culturas (SEDIYAMA, 1987).

3.5.3 - Qualidade e Quantidade de Água na agricultura

A qualidade da água utilizada na irrigação é uma característica que deve ser questionada antes do início do cultivo, pois se trata de um dos fatores que têm limitado ou impossibilitado a expansão da produção agrícola no Nordeste brasileiro. Além disso, a alta taxa de evapotranspiração e a baixa pluviosidade contribuem para salinização dos solos irrigados (MEDEIROS, 1992).

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água. A importância da qualidade da água só começou a ser reconhecida a partir do início deste século. A falta de atenção a este aspecto foi devido à disponibilidade de águas de boa qualidade e de fácil utilização, mas esta situação está mudando em vários lugares, em função do aumento de consumo por águas de qualidade, restando como alternativa o uso de águas de qualidade inferior (AYERS & WESTCOT, 1999).

A água é fator de fundamental importância para produção de alimentos, especialmente sob condições irrigadas. A prática da irrigação, em muitas situações, é a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, como é o caso do semiárido do Nordeste brasileiro, onde ocorre déficit hídrico para as plantas devido à taxa de evapotranspiração exceder a de precipitação durante a maior parte do ano (NÓBREGA, 2010).

A qualidade da água de irrigação é determinante não somente em função de suas características físicas, químicas e biológicas, como também da adequação ao uso específico a

que se destina (AYERS & WESTCOT, op. cit.). Tal necessidade exige conhecimento prévio, não só de suas propriedades, mas também dos efeitos e riscos à saúde e ao meio ambiente.

A quantidade de sais adicionados à água através do uso doméstico e industrial variam de acordo com a localidade, podendo chegar de 100 e 800 mg L⁻¹. Em uma mesma localidade, as variações são pequenas, mas mesmo em concentrações relativamente baixas, em algumas situações são suficientes para alterar a qualidade da água de aceitável para restritiva, do ponto de vista agrícola (FEIGIN et al., 1991).

Bouwer e Chaney (1974) relatam que os sais dissolvidos em águas residuárias interagem com o solo por meio de troca iônica, dispersão e floculação de argilas. Quando presentes no solo ou na água, eles podem reduzir a disponibilidade de água para as culturas, afetando o rendimento (AYERS & WESTCOT, op. cit.). Maiores concentrações de sais na solução do solo podem ocorrer se a quantidade de água residuária adicionada (mais a precipitação) não for muito maior que a evapotranspiração (BOUWER & CHANEY, op. cit.).

Três são os principais aspectos relacionados à composição dos efluentes que, segundo Feigin et al. (1991), constituem riscos de salinização e sodificação de solos quando utilizados como água na agricultura:

- (i) A concentração total de sais na água pode causar aumento da salinidade do solo;
- (ii) As concentrações de certos íons, como Cl⁻ e Na⁺, podem causar, direta ou indiretamente, efeitos tóxicos às plantas, incluindo desequilíbrio nutricional;
- (iii) As concentrações de certos íons (principalmente Na⁺ e HCO⁻³) podem resultar na deterioração da estrutura do solo e, conseqüentemente, na redução da permeabilidade.

O acúmulo de sódio, cloro ou boro em cultivos sensíveis a altas concentrações desses elementos, causa danos às plantas e redução da produtividade (AYERS & WESTCOT, op. cit.). Alguns constituintes isolados, como o boro, são tóxicos, mesmo em pequenos teores, como por exemplo, 1,0 mg L⁻¹. O boro é necessário em quantidades relativamente pequenas e se torna tóxico quando ultrapassa tais níveis. Para algumas culturas, por exemplo, se o nível essencial de boro na água é de 0,2 mg L⁻¹, as concentrações de 1,0 a 2,0 mg L⁻¹ são tóxicas. Os sintomas de toxicidade na maioria das culturas surgem quando a concentração foliar de boro excede 250 a 300 mg kg⁻¹ de matéria seca; surgem, geralmente, manchas amarelas ou secas nas bordas e no ápice das folhas mais velhas (id., ibid.).

As diretrizes para avaliar a qualidade da água para irrigação se encontram na Tabela 3. O estado da Califórnia, Estados Unidos, foi o pioneiro na implantação de programas, critérios e diretrizes básicas para a aplicação de esgotos tratados em solos agrícolas (SOUZA, 2006).

Tabela 3 - Diretrizes para interpretar a qualidade da água para irrigação

Problema potencial	Grau de restrição para uso		
		Ligeiro e Moderado	Severo
Nenhum			
Salinidade			
CEai(dS m-1; mmhos cm-1)	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
SDT (mg L-1)	< 450	450 - 2000	> 2000
Toxicidade de Íons Específicos			
Cloreto (mmolc L-1)			
Irrigação p/ superfície	< 3,0	3,0 - 9,0	> 9,0
Irrigação por aspersão	< 3,0	> 3,0	---
Boro (mg L-1)	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
Sódio			
Irrigação p/ superfície [RAS: (mmol L-1)1/2]	< 3,0	3,0 - 9,0	> 9,0
Irrigação por aspersão (mmolc L-1)	< 3,0	> 3,0	---
Nitrogênio N-NO ₃ (mg L-1)	< 5,0	5,0 - 30,0	> 30,0

FONTE: Ayers & Westcot (op. cit.)

Para Ayers & Westcot (op. cit.), na utilização de esgotos na agricultura, devem ser levadas em consideração as características físico-químicas e biológicas das águas, que se refletem na produtividade e qualidade das culturas, na manutenção da fertilidade do solo e na proteção do homem e do meio ambiente. Entre os contaminantes de esgotos que podem degradar a qualidade dessas águas estão os sais, os nutrientes e os traços de elementos químicos, os quais estão relacionados com os principais problemas no solo como salinidade, permeabilidade, toxicidade de íons específicos e concentração de nutrientes.

O nível de cloretos no efluente secundário é maior que o encontrado na água para abastecimento. O tratamento de esgotos padrão não remove o cloro do efluente devido à elevada solubilidade dos compostos de cloro. As tecnologias de dessalinização para remover cloro são muito caras e, comumente, os níveis de cloro nos efluentes municipais secundários permanecem abaixo daqueles considerados prejudiciais para a maioria das culturas agrícolas. No entanto, altas concentrações desse elemento no efluente de esgoto, como em outras fontes de água, podem atingir águas subterrâneas (FEIGIN et al., op. cit.). O cloreto não é retido ou adsorvido pelas partículas do solo, através do qual se desloca facilmente com a água deste, porém é absorvido pelas raízes e translocado às folhas, onde se acumula pela transpiração. Este problema é mais intenso nas regiões de climas mais quentes, onde as condições ambientais favorecem alta transpiração.

Dependendo do tipo de irrigação a ser utilizado, também pode ocorrer maior ou menor intensidade de absorção do cloreto; e caso sua concentração exceda a tolerância da planta,

pode causar redução das taxas de crescimento e produzir danos com seus sintomas característicos, como necrose e queimadura nas folhas. A toxicidade mais frequente é a provocada pelo cloreto contido na água de irrigação (AYERS & WESTCOT, op. cit.; MANCUSO & SANTOS, 2003).

Tem-se na Tabela 4 as características dos efluentes domésticos secundários quanto à sua constituição; em geral, a irrigação com efluentes de esgotos sanitários traz efeitos benéficos ao solo com a incorporação de matéria orgânica, porém este aspecto também deve ser monitorado e controlado. Existe uma estreita relação entre a matéria orgânica disponível no solo e a desnitrificação, podendo o carbono orgânico induzir à desnitrificação, causando graves perdas de NO_3^- (FEIGIN et al., op. cit.).

Tabela 4 - Características dos efluentes domésticos secundários

Atributo	Unidade	Concentração
Sólidos totais	mg L ⁻¹	400-1200
Sólidos totais suspensos	mg L ⁻¹	10-100
Sólidos totais dissolvidos	mg L ⁻¹	400-1000
Demanda química de oxigênio - DQO	mg L ⁻¹	100-180
Carbono orgânico dissolvido - COD	mg L ⁻¹	30-160
Nitrogênio total	mg L ⁻¹	10-50
Nitrogênio - nitrato	mg L ⁻¹	0-10
Nitrogênio - amônio	mg L ⁻¹	1-40
Fósforo total	mg L ⁻¹	6-17
Cloretos	mg L ⁻¹	40-200
Alcalinidade (carbonato de cálcio)	mg L ⁻¹	200-700
Sódio	mg L ⁻¹	50-250
Potássio	mg L ⁻¹	10-40
Cálcio	mg L ⁻¹	20-120
Magnésio	mg L ⁻¹	10-50
Boro	mg L ⁻¹	0-1
pH	-	7,8-8,1
Relação de adsorção de sódio - RAS	(mmol L ⁻¹) ^{1/2}	4,5-7,9

FONTE: Feigin et al. (op. cit.)

3.6 - IMPORTÂNCIA DO USO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA AGRICULTURA

No Brasil, há falta de tradição na reciclagem dos resíduos gerados, particularmente do efluente de esgoto. Todavia, nos anos recentes, a aplicação de resíduos orgânicos na agricultura tem recebido atenção considerável pelo aumento crescente do requerimento de energia para produção de fertilizantes minerais e por causa dos custos e problemas ambientais

associados com métodos alternativos de disposição de resíduos (CHAE & TABATABAI, 1986).

Nas regiões áridas e semiáridas, a água tornou-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Órgãos de planejamento e entidades gestoras de recursos hídricos procuram continuamente novas fontes de recursos para complementar a pequena disponibilidade hídrica (HESPANHOL, 2003).

Há diversos exemplos de utilização espontânea de esgotos tratados ou não no Nordeste do País, incluindo o plantio de milho, melancia, abóbora e capim para alimentação animal, mas a utilização indireta de esgotos sanitários no Brasil, com certeza, é prática corrente, haja vista a quase inexistência de tratamento de esgotos no País. Além disso, vários estudos sobre a qualidade de águas de irrigação ou de hortaliças comercializadas em diversas regiões do Brasil há muito reforçam os indícios da prática disseminada de irrigação com água de esgotos, ao menos de forma indireta (BASTOS, 2003).

Na Tabela 5, se apresentam alguns tipos de reutilização de efluentes e suas respectivas finalidades.

Tabela 5 - Tipos de reuso não potável e suas respectivas finalidades

Tipo de reuso	Finalidades
Agricultura	- Irrigação de culturas regionais - Irrigação de áreas de pastagens
Pecuária	- Dessedentação de animais
Recreação e público	- Irrigação de parques - Campo esportivo - Lagoas ornamentais
Indústria	- Torre de resfriamento - Troca de calor - Caldeira
Diluição de esgotos	- Manutenção de vazões mínimas de cursos de água nas condições de lançamento
Doméstico	- Descarga sanitária - Lavagem de carro - Área verde de condomínio
Aquicultura	- Produção de peixes e camarões - Plantas aquáticas
Recarga de aquíferos	- Complementação do nível de aquíferos em região litorânea

FONTE: Sousa & Leite (2003)

De acordo com Mancuso & Santos (op. cit.), os esgotos domésticos, quando tratados, podem ser usados para fins potáveis e não potáveis, sendo que a reutilização para fins não potáveis é a mais indicada por ser mais simples, ter menos custo e oferecer menos riscos à saúde. Desta forma, as características químicas, físicas e biológicas do efluente produzido durante o tratamento do esgoto definirão a finalidade de uso da água.

Quando as águas residuárias domésticas são lançadas sem tratamento prévio em rios e lagos, esses corpos receptores são contaminados com altas concentrações de vírus, bactérias, protozoários e helmintos, os quais podem gerar graves problemas para a saúde pública. O manejo inadequado das águas residuárias veicula enfermidades virais, bacterianas e parasitárias, como diarreias, febres tifoide e paratifoide, cólera, hepatite infecciosa, amebíase, giardíase etc. Como é difícil detectar e quantificar os microrganismos patogênicos causadores dessas enfermidades, os engenheiros sanitaristas e as autoridades de saúde pública utilizam, como indicadores da contaminação, os „CF“ (Coliformes Fecais), quantificados através do teste do número mais provável de CF em 100 mL de água - NMP (100 mL)-1. A maioria dos efluentes industriais possui demanda bioquímica de oxigênio (DBO) muito alta; todavia, a concentração de CF é menor do que nos efluentes domésticos e a diferença faz com que os resíduos industriais constituam um impasse ecológico e os esgotos domésticos representem um problema de saúde pública; ambos influenciam na deterioração geral da água (LEÓN SUEMATSU & CAVALLINI, 1999).

A agricultura é a atividade que mais consome água doce, fazendo com que o aproveitamento agrícola de efluentes de esgoto tratado, gerados em lagoas de estabilização, seja prática comum em muitos países. No Brasil, só recentemente o uso de efluente de lagoas de estabilização na agricultura vem sendo considerado (BASTOS, op. cit.).

A presença de nutrientes em efluentes de esgoto é um aspecto favorável, em se tratando da irrigação de culturas agrícolas e florestais, mas indesejável para o lançamento desses resíduos em corpos d'água. Piveli e Doria (2003), em estudo das condições operacionais do sistema de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização em Lins, SP, verificaram baixa remoção de nitrogênio total e de fósforo total por este sistema biológico de tratamento. Os autores sugerem que esforços devem ser envidados no sentido de melhorar as características dos efluentes para o lançamento nos corpos de água naturais (atenção voltada para constituintes químicos e biológicos) ou para a sua disposição no solo (maior preocupação com constituintes biológicos).

Em estudos realizados em diversos países, foi verificado aumento da produtividade agrícola em sistemas de irrigação com esgotos adequadamente administrados (HESPANHOL, 2002), como, por exemplo, alguns resultados experimentais (Tabela 6), obtidos em Nagpur, Índia, em estudo de irrigação das culturas do trigo, feijão, arroz, batata e algodão.

No contexto da irrigação de culturas agrícolas com efluentes de esgoto, é oportuno considerar que as águas residuárias têm mais impurezas que águas de fontes naturais, podendo ser potencialmente prejudiciais, dependendo de suas características e das práticas de manejo

adotadas para o seu uso (VAZQUEZ-MONTIEL et al., 1996). Podem ocorrer sérios problemas ambientais, como lixiviação de nitrato, aumento de elementos tóxicos em solos e plantas e riscos à saúde humana, devido a microrganismos patogênicos (id., ibid.; HESPANHOL, op. cit.).

Tabela 6 - Aumento de produtividade agrícola (t ha⁻¹ ano⁻¹) mediante a irrigação com água de esgotos domésticos

Irrigação	Trigo	Feijão	Arroz	Batata	Algodão
efetuada com	8 anos ⁽¹⁾	5 anos ⁽¹⁾	7 anos ⁽¹⁾	4 anos ⁽¹⁾	3 anos ⁽¹⁾
Esgoto bruto	3,34	0,90	2,97	23,11	2,56
Efluente primário	3,45	0,87	2,94	20,78	2,30
Efl. de lago de estabilização	3,45	0,78	2,98	22,31	2,41
Água+NPK	2,70	0,72	2,03	17,16	1,70

⁽¹⁾ Número de anos para cálculo da produtividade média

FONTE: Resultados experimentais obtidos em Nagpur, Índia, pelo Instituto Nacional de Pesquisa de Engenharia Ambiental (NEERI), citados por Hespanhol (op. cit.)

Kouraa et al. (2002) obtiveram resultados positivos com a irrigação de culturas de alface e batata com efluente de esgoto tratado, por meio de lagoas de estabilização. O efluente de esgoto supriu quase totalmente as quantidades de N, P e K requeridas pelas culturas. Johns e McConchie (1994) constataram a eficiência do efluente como fonte de água e de nutrientes no cultivo de bananeiras. Segundo os autores, a adição de 600 mm de efluente tratado pode fornecer 21 % de N, 100 % de P, 21 % de K, 20 % de Ca e 50 % de Mg do total de nutrientes necessários, anualmente, para a produção de bananas.

O uso de águas residuárias na agricultura pode melhorar a produtividade das culturas, reduzindo a necessidade do uso de fertilização mineral e permitindo um suprimento considerável de nitrogênio, tanto na forma orgânica como mineral (MELI et al., 2002). Onde o efluente de esgoto é aplicado em pequenas quantidades, o solo é predominantemente aeróbico e o N do efluente será convertido em NO₃⁻ (BOUWER & CHANEY, op. cit.).

Maiores aumentos das concentrações de NO₃⁻, Ca⁺² e P disponível foram observados por Johns e McConchie (op. cit.), em camadas superficiais de solos irrigados com efluente de esgoto, do que em solos irrigados com água doce, porém aumentos da concentração de Na⁺ foram observados tanto em camadas superficiais, quanto em camadas profundas, em tratamentos de irrigação com efluente de esgoto ou água doce.

Aumentos do pH em solos de campo (quatro anos de irrigação) e de floresta (17 anos de irrigação), irrigados com efluente, foram observado por Smith et al. (1996); no entanto, Johns e McConchie (op. cit.) constataram, na camada de 0 a 20 cm de um solo irrigado para

cultivo de bananeiras, decréscimo de pH de 0,55 unidades nos tratamentos com água e de apenas 0,31 unidades nos tratamentos com efluente. Eles verificaram ainda que as bananeiras irrigadas com efluente contêm teores mais elevados de certos elementos, em comparação às plantas irrigadas com água doce: 225% a mais de sódio, 81% a mais de boro, 43% a mais de cobre, 26% a mais de cloro e cerca de 16% a mais de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio.

Após 15 anos de irrigação com efluente de esgoto, Meli et al. (op. cit.) constataram aumento na quantidade de nutrientes disponíveis no solo e na eficiência metabólica da microflora edáfica.

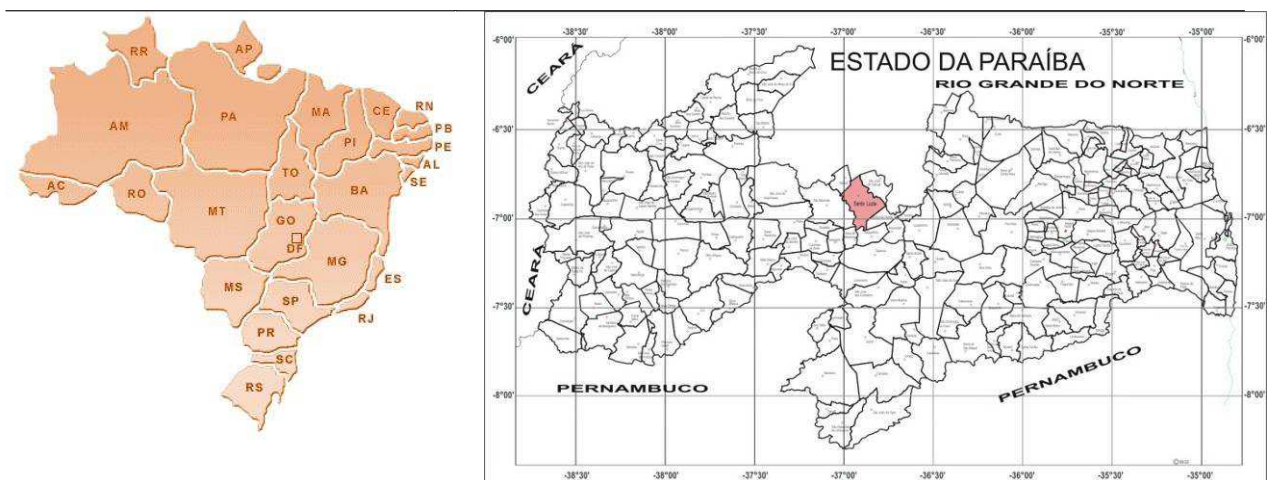
Monte & Souza (1992) avaliaram a aplicação do efluente final de água residuária doméstica tratada, em um sistema de lagoa de estabilização do tipo facultativa, comparada com água potável misturada a fertilizante comercial para irrigação das culturas de milho, sorgo e girassol, utilizando irrigação por gotejamento e sulco. Eles constataram haver aumento na produção com o uso de efluente, com economia de cerca de 140 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 110 kg ha⁻¹ de K₂O, com o uso de efluente de esgoto. Quanto aos efeitos de contaminação das culturas, não verificaram presença de coliformes fecais, embora fossem necessárias análises mais detalhadas.

De acordo com pesquisas realizadas no estado do Ceará, por Araújo (2000), o reúso informal de efluentes tratados provenientes de lagoas de estabilização já faz parte do cenário da agronomia urbana (irrigação e piscicultura), ocorrendo em, pelo menos, nove sistemas da Região Metropolitana de Fortaleza, englobando a piscicultura da tilápia nilótica e o reúso direto na irrigação de maracujá, coco, forragem e culturas hortícolas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

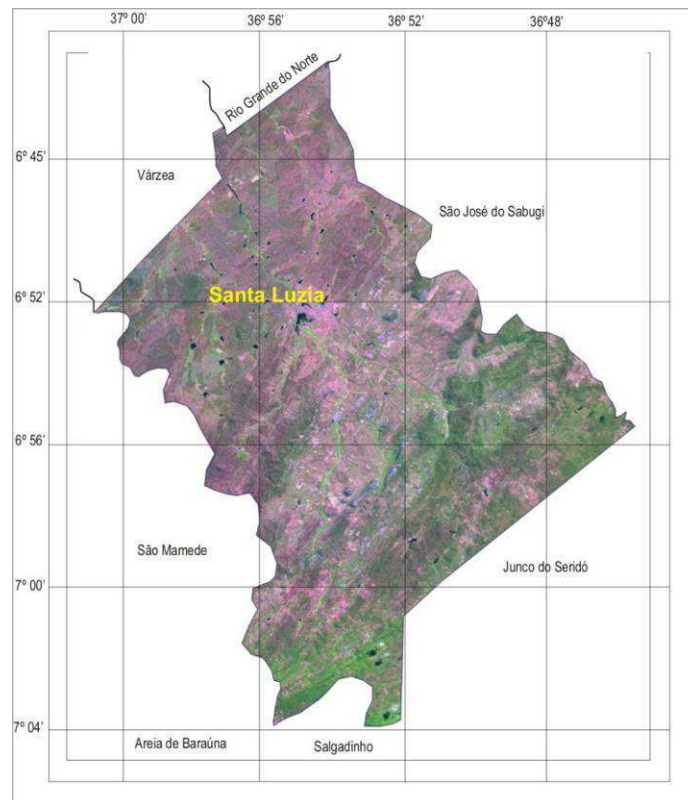
A pesquisa foi realizada na fazenda Barra, no município de Santa Luzia, Microrregião Homogênea do Seridó Paraibano, estado da Paraíba, que fica localizado na região Nordeste do Brasil (Figura 1). O estado foi criado pela Lei Provincial nº 410, de 24 de novembro de 1871, ocorrendo sua instalação em 27 de junho de 1872. Ele está inserido no Polígono das Secas; situa-se na Microrregião do Seridó Ocidental Paraibano, Mesorregião da Borborema; limita-se ao norte com São José do Sabugi e Várzea; ao sul, com Salgadinho e Passagem; a leste, com Junco do Seridó e ao oeste com São Mamede.



Fonte: IBGE

Figura 1 - Localização geográfica do município de Santa Luzia, PB

Possui clima Bsh-Tropical, segundo Koppen, quente seco, semiárido com chuvas de verão. Sua principal característica não é a ausência de chuvas, mas sua irregularidade (RODRIGUES, 2002). A precipitação média anual é em torno de 540 mm, com maior concentração nos meses de janeiro a maio. A temperatura média é em torno de 27,6° com média máxima de 33,3°C e mínima de 22,3°C. Possui uma área de 446 km², equivalente a 3,6% da Microrregião Homogênea e 0,80% do estado. O município está contido na sub-bacia hidrográfica do Rio Seridó, tributário do Rio Piranhas. Na sua configuração atual, o município é constituído apenas pelo seu distrito-sede, que se localiza a 299,0 m de altitude e tem posição geográfica determinada pelo paralelo de 06° 52' 27'' de latitude sul, em sua interseção com o meridiano de 36° 56' 00'' de longitude a oeste de Greenwich. (Figura 2).



Fonte: Imagem de satélite - Google Earth (2013)

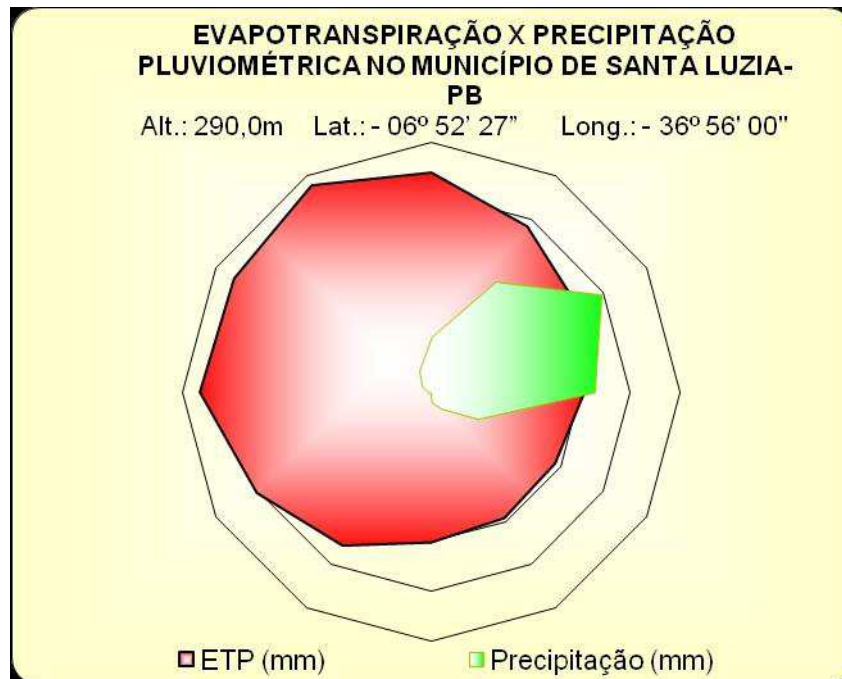
Figura 2 - Recorte dos limites geográficos do município de Santa Luzia, PB

O município apresenta topografia com relevo ondulado a fortemente ondulado, nas porções leste a sul, onde ocorre a cordilheira da Borborema com cotas elevadas chegando a 880 metros, destacando-se as serras da Ridinha, da Tubiba e do Pinga. Nas porções norte a sudoeste, o relevo se apresenta ondulado a suavemente ondulado, com declividades não elevadas.

Ao encontrarem esta significativa formação montanhosa, os ventos, predominantemente de sudeste, se elevam e resfriam adiabaticamente, tornando comum a ocorrência de precipitações pluviométricas de pequena intensidade e de longa duração, classificadas como orográficas, visto que a umidade foi descarregada na encosta oposta projetando uma sombra pluviométrica, dando lugar a áreas secas ou semiáridas causadas pelo ar seco. No entanto, tem-se registrado chuvas de grande intensidade com característica de precipitações convectivas, de pequena duração. (ARAÚJO, 2013).

Com raras exceções de áreas localizadas ao sul, com clima de matas-serranas, a vegetação predominante no município é do tipo caatinga-seridó, vegetação subxerófila, decídua, cujos componentes predominantes são pequenas árvores ou arbustos, geralmente espinhosos, formando grupamentos ora densos, ora com árvores esparsas (ARAÚJO, op. cit.).

Apresenta um déficit hídrico ao longo do ano e apenas entre os meses de março e abril a precipitação pluviométrica supera a evapotranspiração (Figura 3).



Fonte: Dados da AESA e Hargreaves (1973)

Figura 3 - Concentração do período chuvoso no município de Santa Luzia, PB

4.2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DA PESQUISA

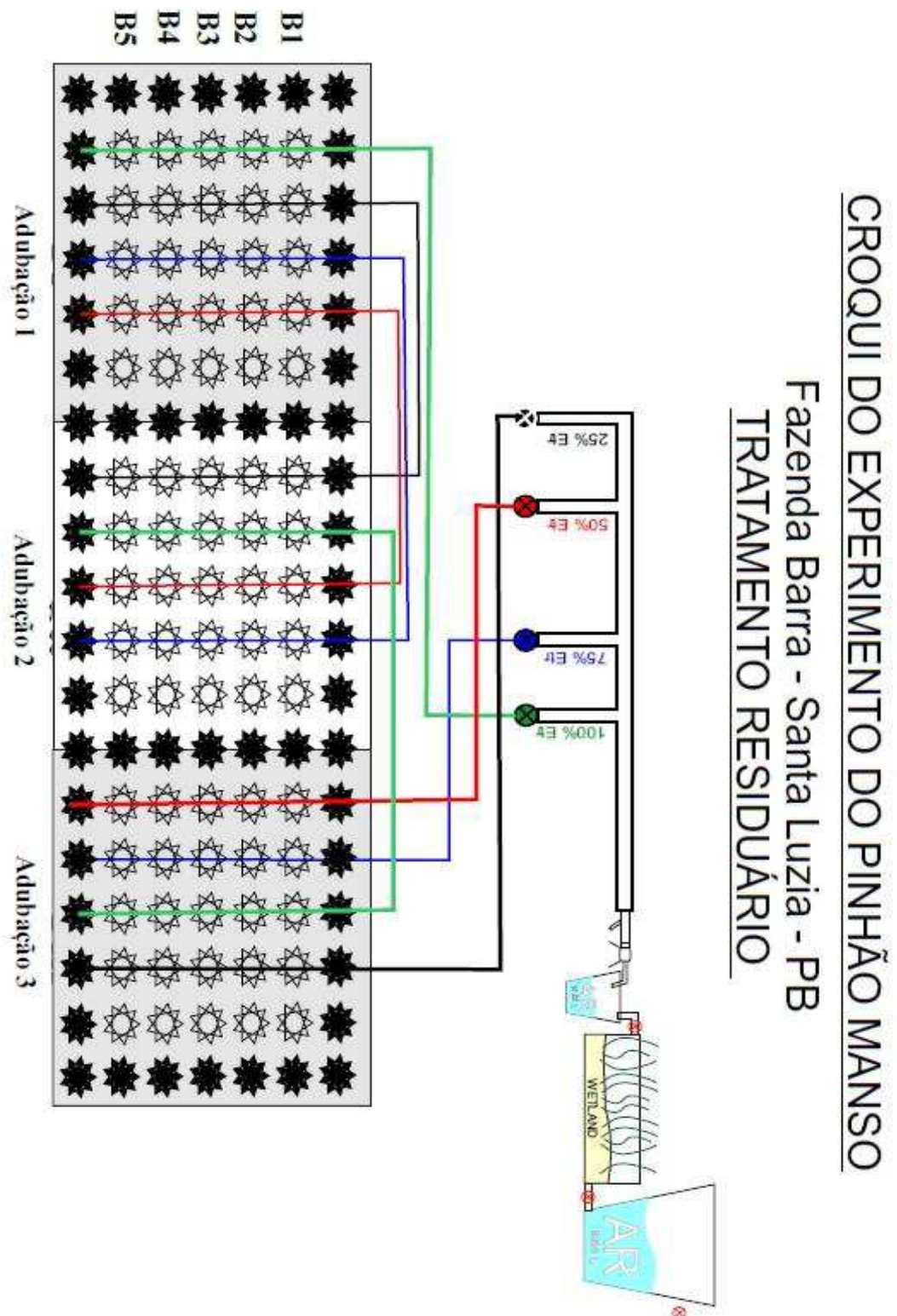
A área da pesquisa constituía-se de uma área com 1.120m², com 80 metros de comprimento e 14m de largura. Tal área é pertencente à Fazenda Barra e fica a cerca de 900m da BR-230, que liga os municípios de Santa Luzia e Junco do Seridó. O experimento foi conduzido no período de junho de 2011 a maio de 2012.

4.3 - FORMAÇÃO DAS MUDAS E INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

A semeadura do pinhão-manso foi realizada em sacos plásticos contendo substrato orgânico, em umidade mantida em capacidade de campo para possibilitar a seleção das plantas mais vigorosas. As sementes do pinhão-manso utilizadas foram pré-selecionadas e semeadas na profundidade de 2 cm. O transplante ocorreu aos 30 DAS (dias após o semeio), para campo e irrigados até atingir a capacidade de campo e posteriormente, foram realizados

os tratamentos com adubação orgânica e as lâminas de irrigação, o espaçamento foi de 3x2m, conforme croqui(figura4)

Figura 4- Croqui da área experimental do pinhão manso, Fazenda Barra, Santa Luiza-PB.



4.4 - PREPARO DO SOLO E ADUBAÇÃO

O solo foi preparado com um cultivador de tração animal, o que proporcionou um bom revolvimento do solo. Em solos ácidos, com pH abaixo de 4,5, as raízes do pinhão não se desenvolvem, sendo necessário a realização de calagem com base na análise química do solo a qual indicará a quantidade de calcário, gesso, macro e micronutrientes necessários para satisfazer a exigência da cultura. Se necessário, a calagem deve ser realizada cerca de 3 meses antes do plantio, com o calcário incorporado a uma profundidade de até 20 cm do solo, em duas aplicações, antes da aração e quando da gradagem específica para a correção do solo (PEIXOTO, op. cit.). No entanto, neste experimento, não foi necessária tal prática.

A adubação orgânica foi realizada com utilização de resíduos gerados na própria fazenda, que é uma prática muito comum na condução de lavouras de pequenos agricultores. Ela foi realizada nas seguintes proporções: 5,10 e 15 quilos de esterco bovino para cada tratamento de lâmina de irrigação. Foi feita uma análise de fertilidade do solo (Tabela 7) antes do transplântio, e ao término do experimento as análises químicas e físicas do solo foram realizadas, objetivando verificar as necessidades nutricionais da cultura no início do ciclo, bem como as características do solo em estudo antes e após o a pesquisa.

Tabela 7. Características químicas do solo antes do transplântio no experimento, Fazenda Barra, município de Santa Luzia, PB

Características Químicas	Profundidade (cm)	
	UNIDADE	VALOR
pH (Estrato de Saturação)	-	5,62
Cond. Elétrica (Ext. de Sat.)	(mmhos/cm)	0,45
Cloreto	(meq L ⁻¹)	2,20
Carbonato	(meq L ⁻¹)	0,00
Bicarbonato	(meq L ⁻¹)	2,20
Sulfato	(meq L ⁻¹)	Ausência
Cálcio	(meq L ⁻¹)	0,62
Magnésio	(meq L ⁻¹)	1,25
Potássio	(meq L ⁻¹)	0,42
Sódio	(meq L ⁻¹)	1,91
Nitrogênio	%	0,05
Alumínio	(meq/100g/solo)	0,0
Matéria Orgânica	%	0,86
pH (extrato da saturação)	-	6,62
Percentagem de Saturação	%	20,00
Relação de Adsorção de Sódio	-	1,99
PSI	-	3,83
Salinidade	Não Salino	Não Salino
Classe de Solo	Normal	Normal

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade, UFCG/DEAg/CTRN

As análises físico-hídricas do solo para manejo da irrigação foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da UFCG (Tabela 8) de acordo com a metodologia proposta apresentada pela Embrapa (1997). Para determinação da retenção de umidade no solo, utilizou-se a metodologia de Richards (1954).

Tabela 8. Características físico-hídricas do solo antes do transplântio do experimento, Fazenda Barra, município de Santa Luzia, PB

Características Físicas	Profundidade (cm)	
Granulometria	Unidade	Valor
Areia	%	88,18
Silte	%	7,04
Argila	%	4,78
Classificação Textural	-	Areia Franca
Densidade do Solo	g/cm ³	1,73
Densidade de Partículas	g/cm ³	Ausência
Porosidade	%	35,21
Umidade %	%	1,25
Natural	atm	0,51
0,10	atm	-
0,33	atm	11,24
1,00	atm	-
5,00	atm	-
10,0	atm	-
15,0	atm	4,76
Água Disponível	%	6,48

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade, UFCG/DEAg/CTRN

4.5 - IRRIGAÇÃO

As irrigações foram feitas obedecendo a um turno de rega de 3 (três) dias. Foi utilizada água residuária de esgoto bruto proveniente de um riacho próximo à estação de tratamento de esgotos, da cidade de Santa Luzia, PB, pertencente ao próprio município.

Foi realizada também uma análise físico-química da água utilizada na irrigação de acordo com a metodologia proposta por Alpha (1995).

A água residuária foi coletada diretamente do riacho, com um sistema composto por um recipiente de PVC com capacidade para 1000 L, tampado, motobomba anauger submersa ('bomba sapo') com potência de 370 W, tubulação de recalque com mangueira de polietileno ¾. Após a coleta da água, a mesma era transportada para um caixa com capacidade de 5000 L, onde foi armazenada a água que foi utilizada na irrigação da pesquisa.

Toda a água residuária utilizada no experimento passou por um processo de filtragem, em um filtro composto por areia grossa, areia fina e brita. Após passar pelo processo de filtragem, a água chega a uma caixa de 1000 L, de onde a água era conduzida para o experimento através uma de uma bomba de 2 cv. O método utilizado foi o de sistema de gotejamento, com a utilização mangueiras contendo gotejadores autocompesantes, com emissores com vazão nominal de 1,10 L h⁻¹, funcionando a pressão de 10 kPa, proporcionando uma faixa molhada de 1,5 m.

Antes de iniciar os tratamentos com a irrigação, todas as plantas foram colocadas em capacidade de campo. O manejo das irrigações foi realizado através de balanço hídrico, utilizando planilha eletrônica.

A lâmina bruta de irrigação (L_b) foi aplicada a cada três dias e calculada com base na evaporação diária do tanque classe A (Eq. 1):

$$L_b = \frac{Et * kt * ks}{Ef} - Pe \quad (1)$$

em que: L_b é a lâmina bruta de irrigação, em mm; Et é a evaporação diária do tanque classe A, em mm; kt é o coeficiente de tanque; ks é o coeficiente de área molhada pelo emissor; Pe é a precipitação efetiva, em mm e Ef é a eficiência de irrigação, em decimal.

Utilizando-se as Eqs. (2), (3) e (4) determinaram-se, respectivamente, o coeficiente de área molhada (ks), a eficiência de irrigação (Ef) e a uniformidade de distribuição de água (UD).

$$ks = \frac{Am}{A} \quad (2)$$

$$Ef = UD * Ea \quad (3)$$

$$UD = \frac{q_{25\%}}{q_{med}} \quad (4)$$

em que: ks é o coeficiente de área molhada pelo emissor, adimensional; Am é a área molhada pelo emissor, em m²; A é a área da cultura, em m²; Ef é a eficiência de irrigação, em (%); Ea é a eficiência do sistema de irrigação (0,95); $q_{25\%}$ é a média do quarto da amostra contendo os menores valores das vazões dos emissores na unidade experimental e q_{med} é a média de todas as vazões dos emissores da amostra.

O tempo de irrigação para se aplicar a lâmina bruta L_i ($i = 1, 2, 3, 4$) foi determinado segundo a Eq. 5.

$$T = \frac{L * (Esp_g * Esp_l)}{q} \quad (5)$$

em que: T é o tempo de irrigação, em h; L é a lâmina necessária, em mm; Esp_g é o espaçamento entre gotejadores, Esp_l é o espaçamento entre linhas, e q é a vazão do emissor, $L h^{-1}$.

Tabela 9. Características físico-químicas da água utilizada nas irrigações, Fazenda Barra, município de Santa Luzia, PB

Características Químicas	Unidade	Valor
pH	-	6,77
Condutividade Elétrica	($\square S cm^{-1}$)'	2.530
Cálcio	($meq L^{-1}$)	1,57
Magnésio	($meq L^{-1}$)	3,38
Sódio	($meq L^{-1}$)	12,86
Potássio	($meq L^{-1}$)	0,81
Carbonato	($meq L^{-1}$)	0,00
Bicarbonatos	($meq L^{-1}$)	13,30
Cloretos	($meq L^{-1}$)	10,32
Sulfatos	(meq /L)	Presença
Relação de Adsorção de Sódio (RAS)	-	8,19
Classe de Água	-	C ₄

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade, UFCG/DEAg/CTRN

4.6 - TRATOS CULTURAIS E FITOSSANITÁRIOS

Periodicamente, foram realizados os tratos culturais e fitossanitários, como capinas e aplicações de produtos para o controle de pragas.

Apesar do pinhão-mansão ser considerado, por diversos autores, como resistente a pragas e doenças, foram verificadas diversas pragas, sendo controladas mediante pulverizações, com o óleo do nim na proporção de 10 mL por litro de água, sempre que necessário. Dentre as pragas, foi verificado ataque de cigarrinha verde (*Empoasca kraemeri*), mosca branca (*Bemisia tabaci*), ácaro branco (*Polyphagotarsonemus latus*) e ácaro vermelho (*Tetranychus desertorum*).

4.7 - TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foram estudados dois fatores:

1) Lâmina bruta de irrigação (Lb), determinada com base na evaporação diária do tanque classe A (Et) e no coeficiente do tanque (kt) (Eq. 1), em quatro níveis:

$$L1 = 0,25 ETo; \quad L4 = 1,00ETo;$$

$$L2 = 0,50ETo;$$

$$L3 = 0,75ETo;$$

2) Adubação:

A adubação foi realizada na fundação em três níveis 5,10 e 15kg de esterco bovino, por cova, no bloco 1(B1) foi adubado com 5kg, no bloco 2(B2) 10kg e no bloco 3(B3) 15kg de esterco.

Foi estudado também um tratamento adicional (testemunha), em sequeiro, porém adubada.

4.8 - ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os tratamentos de adubação orgânica (A) lamina de água residuária (L), foram combinados resultando em 12 tratamentos e uma testemunha $(4 \times 3) + 1$. No entanto, para fins de análise, foram arranjadas em esquema de parcelas subdivididas. Foi realizada análise de variância através do teste F, e nos casos de significância realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática para o fator lâmina e teste de Tukey a 5%. Foi feita ainda análise do contraste Testemunha X Fatorial, e aplicou-se o teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($P < 0,05$).

4.9 - VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO

Foi realizada a cada 30 dias e ao longo dos 360 DAT a análise de crescimento não destrutiva, onde foram mensuradas as seguintes variáveis:

4.9.1 - Altura de planta (AP)

A variável AP foi determinada com fita métrica (cm) adotando-se, como critério de determinação, a distância entre o colo da planta e a extremidade do broto terminal do ramo principal.

4.9.2 - Número de Folhas (NF)

O número de folhas por planta foi determinado a cada 30 dias, assim como a altura de plantas. Foram consideradas na contagem as folhas com tamanho acima de 3 cm, aproximadamente.

4.9.3 - Diâmetro do caule (DC)

A determinação da variável diâmetro caulinar das plantas de pinhão-mansão ocorreu nos mesmos períodos da avaliação da variável altura das plantas. As leituras (mm) foram realizadas no colo da planta a uma altura aproximada de 5 cm, utilizando-se um paquímetro.

4.9.4 - Taxas de crescimento absoluto em altura de planta e diâmetro caulinar (TCAap, TCAdc)

As taxas de crescimento foram computadas a partir dos dados de altura de planta (AP) e diâmetro caulinar (DC). Com os dados de „AP“ e „DC“ obtiveram-se as taxas de crescimento absoluto em altura (TCAAP, TCRAP), e em diâmetro (TCADC, TCRDC) conforme equações descritas, a seguir (BENINCASA, 2003):

$$TCA_{AP} = \frac{AP_2 - AP_1}{t_2 - t_1}$$

Eq.2

Em que:

TCA_{AP} = Taxa de crescimento absoluto caulinar em altura (cm dia⁻¹)

TCA_{DC} = Taxa de crescimento absoluto caulinar em diâmetro (mm.dia⁻¹)

AP₁ = Altura da planta no tempo t₁ (cm)

AP₂ = Altura da planta no tempo t₂ (cm)

$$TCA_{DC} = \frac{DC_2 - DC_1}{t_2 - t_1}$$

Eq.3

4.10 - VARIÁVEIS DE PRODUÇÃO

4.10.1 - Peso dos frutos, da casca e das sementes

A colheita dos frutos foi feita diariamente devido à heterogeneidade da maturação (Figura 5) apresentada pela espécie, quando os frutos estavam totalmente maduros (Figura 6). Os frutos de cada planta, por tratamento, eram coletados e contados e separada a casca das sementes; posteriormente, colocados para secar ao sol (Figura 7). Após o processo de secagem, foram realizadas pesagens com balança de precisão (0,01 g), separadamente, da casca e semente e obtido o peso dos frutos. Finalizado o experimento, obteve-se o peso dos frutos, das sementes e da casca.

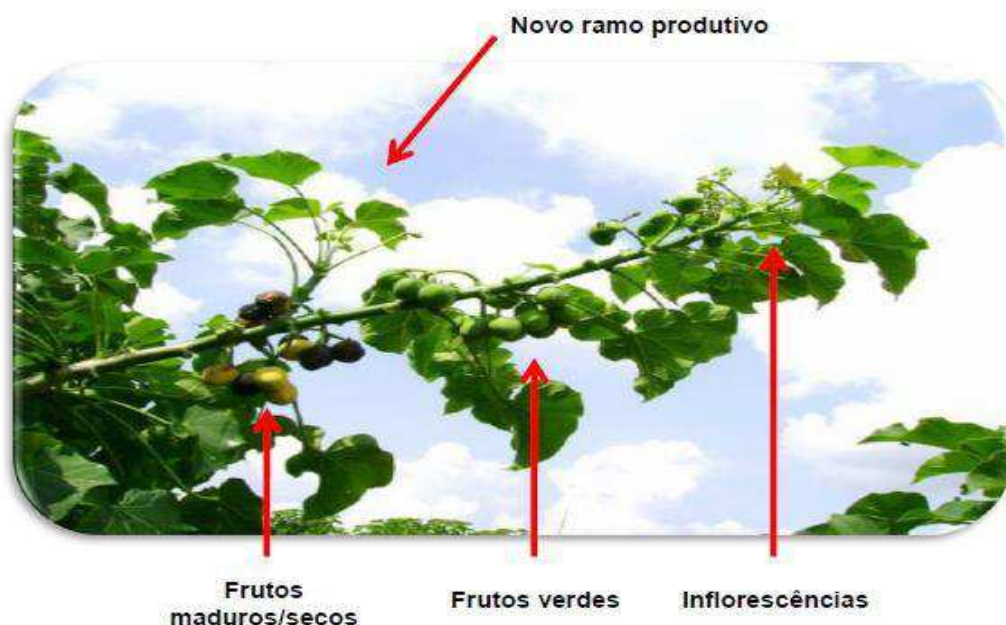


Figura 5. Diferentes estágios de amadurecimento do pinhão-mansinho em um mesmo ramo.



Figura 6. Diferentes estágios de colheita de frutos.



Figura 7. Separação e secagem de frutos de pinhão-mansó.

4.10.2 - Teor de óleo das sementes (TO)

No experimento, foram realizadas avaliações das propriedades energéticas das sementes de pinhão-mansó, em apenas uma amostra dos tratamentos irrigados com água residuária (mistura de sementes das parcelas com água residuária) e outra amostra das plantas da testemunha. Essa limitação se deveu às dificuldades de serem feitas as análises, pela

grande demanda de trabalho no Laboratório de Combustíveis e Materiais (LACOM/CCEN/UFPB) em João Pessoa-PB.

Análises física e química do óleo

As análises físicas e químicas foram realizadas seguindo-se metodologias descritas para óleos e gorduras pelo Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008) e pelo American Oil Chemists' Society - AOCS (1999).

Em relação ao Índice de Acidez (IA), é desejável que os valores sejam baixos, pois índices elevados são indicativos de alterações na qualidade de óleos, em geral. Como todas as determinações de índices físicos e químicos, é muito importante se conhecer o valor do índice de peróxido (IP), para se estimar o grau de degradabilidade do óleo (inclusive da viscosidade), um parâmetro a influenciar a produção de biocombustível.

O Índice de Iodo (II) é indispensável para a identificação da presença de duplas ligações em um éster de ácido graxo e, em geral, quanto maior o valor de II, maior será o grau de insaturação, portanto, com maior tendência à oxidação do óleo.

Análises cromatográficas (CGAR)

Determinou-se, também, a composição dos óleos das sementes de pinhão-manso por Cromatografia Gasosa de Alta Resolução (CGAR), realizando-se as análises segundo métodos descritos em Maia e Rodrigues-Amaya (1993) e em Melo (2010). Ressalte-se que as análises foram feitas em amostras de óleo (alíquotas de 100 mg), acondicionadas em tubos de ensaios de 20 mL. Depois dos vários procedimentos metodológicos, descritos por aqueles autores, os tubos foram postos em condições de repouso para a separação das fases e colocados, em seguida, sob resfriamento até a realização da análise cromatográfica.

Viscosidade

A determinação da viscosidade tem importante papel para se conhecer a resistência de um óleo, por exemplo, ao escoamento. Para determinação da viscosidade cinemática, seguiram-se procedimentos contidos em Melo (op. cit.).

Estabilidade térmica e oxidativa

Seguindo-se recomendações contidas em Waynick (2005), determinou-se a estabilidade térmica e oxidativa de uma amostra do óleo obtido neste trabalho, por ser um parâmetro indispensável quando se pensa em tempo de estocagem e seus efeitos sobre a oxidação do material.

Obtenção de biodiesel

Baseando-se em Gerpen (2005), obteve-se biodiesel do óleo obtido de sementes de pinhão-mansão, por transesterificação metílica a 60 °C, relação molar álcool/óleo de 6/1, com 0,5 % de hidróxido de sódio em relação à massa de óleo, seguida de agitação durante uma hora. Para se evitar problemas de acidez, fez-se um pré-tratamento por esterificação com uma relação molar álcool/óleo de 6/1 e com uso de ácido sulfúrico, como catalisador (0,5% em volume de ácido sulfúrico), à temperatura de 60 °C e agitação durante uma hora, reduzindo a acidez para níveis em que fosse possível o uso de catálise alcalina.

4.11 - TROCAS GASOSAS

As avaliações de trocas gasosas nas plantas de pinhão-mansão foram feitas aos 210 DAP, entre 8 e 9h da manhã, mensurando-se a condutância estomática (gs) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (Ci) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), e foram estimadas a eficiência instantânea do uso da água (EiUA) pela relação A/E [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$], e da carboxilação (EiC) pela relação A/Ci [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$]. Tais medidas foram realizadas com um determinador de trocas gasosas em plantas, por meio de um analisador de gás infravermelho - IRGA (Infra Red Gas Analyser, modelo LCpro - SD, da ADC Bioscientific, UK), sob densidade de fluxo de fótons fotossintéticos de $1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (KONRAD et al., 2005; MAGALHÃES FILHO et al., 2008).

4.12- ANÁLISE DE FERTILIDADE DO SOLO NO FINAL DO EXPERIMENTO

No final do experimento amostras compostas de solo foram coletadas para realização de análises laboratoriais, visando-se observar os efeitos da aplicação da água residuária nas propriedades do solo. As amostras foram secadas ao ar, destorroadas e peneiradas em peneiras com malha de 2 mm. Posteriormente, analisadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade/UFCG. No tratamento testemunha também se procedeu análises. Determinaram-se as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, pH, conforme metodologia recomendada pela Embrapa (op. cit.).

Para o pH, a análise de variância foi procedida com os valores da concentração de hidrogênio ($[H^+] = 10^{-pH}$) e depois se aplicou a escala de pH nas médias ($pH = -\log [H^+]$) (SANTOS & GHEYI, 2003).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO

5.1.1 - Altura de planta

A altura de plantas foi analisada em vários períodos ao longo de ciclo da cultura do pinhão-manso, com intervalos de 30 dias até os 390 DAT (Dias Após Transplântio). Pelo resumo da análise de variância apresentado na Tabela 10, percebe-se que houve efeito significativo ($p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$) para os dois fatores isolados (Lâminas e Adubação) em todas as épocas de avaliação, não havendo, contudo, interação significativa entre os fatores em nenhum dos períodos para esta variável. Este fato denota que o efeito dos níveis de reposição hídrica com água residuária sobre a altura de plantas do pinhão-manso independem das doses de adubação orgânica aplicadas.

Observa-se ainda que, aos 60 DAT, houve efeito significativo de 5% de probabilidade pelo teste F, e nas demais avaliações o efeito foi significativo a 1% de probabilidade pelo mesmo teste, evidenciando-se maior influência da disponibilidade hídrica sobre o crescimento das plantas logo a partir da segunda época de avaliação. Verifica-se ainda, pelos dados da Tabela 10, boa precisão experimental dentro dos tratamentos nesta avaliação, podendo ser observado pelos coeficientes de variação (CV) que situaram-se entre baixo e médio segundo Beltrão et al. (2008).

Em condições experimentais semelhantes, Silva (2009) observou, em pesquisa com o pinhão-manso, que a altura de plantas não foi afetada, imediatamente, após transplântio devido à disponibilidade hídrica, sendo afetada nas demais épocas de avaliação, tal como se verificou nessa pesquisa aos 60 DAT.

Na cultura da mamoneira, Barros Júnior (2007) verificou que a altura média final (180 DAS) cultivada sem estresse (100% de água disponível) foi de 1,28 m; Silva et al. (2011) observaram no primeiro ciclo da cultura do pinhão que, aos 396 DAT, as plantas chegaram a uma altura de 2,54 m no tratamento Nr4 (100% ET) e 2,79 m naquelas em Nr5 (125% ET).

Em pesquisa com mamoneira, cultivar BRS Nordestina, irrigada com águas residuárias tratadas de três indústrias de Campina Grande-PB, Xavier (2007) constatou melhores resultados de crescimento nas plantas conduzidas com 100% de água disponível,

evidenciando-se que da mesma forma que ocorre com o pinhão-manso, essa oleaginosa tem melhor desempenho sob condições hídricas favoráveis.

Tabela 10. Resumo da análise de variância para a altura de plantas em diferentes épocas de avaliação de pinhão manso em função de doses de adubação orgânica e de níveis de reposição hídrica com água residuária

Quadrados Médios							
Altura de plantas - AP							
FV	GL	AP60DAT	AP90DAT	AP120DAT	AP150DAT	AP180DAT	AP210DAT
Bloco	4	171,9833ns	146,1416ns	142,1250ns	86,5583ns	80,5000ns	64,4000ns
Adubação (A)	2	1986,9500*	2382,2000*	2218,8500*	1687,6166*	2524,9500*	2443,8500*
Erro 1	8	303,3458	291,1791	308,4125	337,4083	306,7000	346,7250
Lâminas (L)	3	1762,1555**	2011,4444**	1939,8833**	1598,5944**	2132,4166**	2373,7500**
Interação A x L	6	116,5722ns	142,1111ns	122,9166ns	239,3277ns	498,7500ns	466,7833ns
Erro 2	36	238,2250	232,5000	238,4055	258,1250	259,9444	241,9944
CV 1 (%)		17,47	16,55	16,53	16,40	14,94	15,51
CV 2 (%)		15,48	14,79	14,53	14,34	13,75	12,96
Tratamentos	12	1183,0948**	1352,5846**	1296,6615**	1209,7538**	1644,0051**	1701,2615**
Test. x Fatorial	1	4237,3384**	4579,6153**	4565,0884**	4910,0628**	5288,4115**	5605,4884**
Erro	48	251,1076	244,5782	249,6198	268,8243	266,7358	257,117
CV (%)		16,27	15,53	15,22	14,97	14,25	13,66
FV	GL	AP240DAT	AP270DAT	AP300DAT	AP330DAT	AP360DAT	AP390DAT
Bloco	4	56,1000ns	47,9416ns	48,1416ns	65,6416ns	38,3750ns	46,1083ns
Adubação (A)	2	2628,6500*	2582,1500*	2388,7500*	2385,6500ns	2276,8166ns	2159,2666ns
Erro 1	8	351,5250	373,0666	433,5416	494,7541	488,4625	541,2458
Lâminas (L)	3	2501,7944**	2598,2833**	3075,2000**	3052,8611**	3042,5777**	3151,0833**
Interação A x L	6	484,1611ns	490,4166ns	395,6166ns	431,6277ns	456,4611ns	514,3333*
Erro 2	36	238,3166	229,0805	235,4638	239,2055	210,1666	206,8333
CV 1 (%)		15,32	15,46	16,19	16,93	16,58	17,15
CV 2 (%)		12,62	12,11	11,93	11,77	10,87	10,60
Tratamentos	12	1723,2153**	1722,6846**	1804,1333**	1841,0846**	1853,9666**	1914,882**
Test. x Fatorial	1	5010,9346**	4770,5653**	5272,8000**	5573,3653**	5827,4666**	6120,8012**
Erro	48	255,8083	247,7070	259,0467	271,2480	248,9634	254,9621
CV (%)		13,35	12,85	12,77	12,80	12,08	12,02

ns: não significativo; * e ** significativo a 5 e 1%, respectivamente pelo teste F; e DAT: dias após transplantio.

Em relação aos estudos de regressão referentes à variável altura de plantas em função dos níveis de reposição da ETo com água residuária (Tabela 11), percebe-se que em todas as épocas de avaliação os dados se ajustaram a modelos de regressão linear crescente, à medida que houve aumento da reposição hídrica. Deste modo, nas 12 diferentes épocas (dos 60 aos 390 DAT), houve incrementos na altura de plantas por acréscimo unitário da ETo entre 0,24% e 0,29% nestas datas. Os valores médios observados aos 60 DAT oscilaram de 83,22 cm (L0) a 107,24 cm (L100%ETo); e aos 390 DAT tiveram variação de 104,73 cm a 135,57 cm (L100%ETo). Percebe-se, com isso, que o aumento da disponibilidade hídrica promoveu maior crescimento das plantas ao longo do ciclo do pinhão-manso (Tabela 11).

É importante salientar que o aumento verificado na variável de crescimento altura de planta do pinhão-manso, com a aplicação de água residuária, ocorre devido à presença de matéria orgânica, macro e micronutrientes em formas químicas mais disponíveis às plantas neste resíduo que, segundo Raij (1991), são essenciais para o estabelecimento e desenvolvimento das culturas.

Para a fonte de variação ‘Adubação’, verifica-se que o aumento das doses de adubação orgânica incrementou a altura das plantas de pinhão-manso, observando-se sempre as maiores médias nas plantas adubadas com 10 e 15 L de esterco bovino por planta. Neste caso, a adubação com 10 L de esterco por planta proporcionou acréscimos da ordem de 15,94% e de 12,62% na altura de plantas aos 60 DAT e aos 390 DAT, respectivamente. De modo semelhante, observaram-se incrementos em altura de 22,80% e de 25,30% na altura do pinhão manso aos 60 e 390 DAT quando as plantas receberam 15 L por cova de adubação orgânica, em relação às plantas adubadas com apenas 5 L por cova.

Com esses resultados, pode-se verificar os efeitos benéficos da adubação orgânica no pinhão-manso aliada à reutilização de águas residuárias na irrigação, as quais também contêm elevada quantidade de matéria orgânica e nutrientes a serem aproveitados pelas plantas, fazendo com que haja melhorias significativas no crescimento das mesmas.

Tabela 11. Estudo de regressão e teste de comparação de médias para o altura de planta de pinhão manso em diferentes épocas em função adubação orgânica e de reposição hídrica com água residuária.

		Altura de plantas - AP (cm)					
FV	GL	AP60DAT	AP90DAT	AP120DAT	AP150DAT	AP180DAT	AP210DAT
Lâmina		Quadrados Médios					
Reg. Linear	1	3731,2133**	4469,8800**	4385,3633**	3584,5633**	3353,3633**	4218,7500**
Reg. Quadrática	1	290,4000ns	173,4000ns	198,0166ns	132,0166ns	742,0166ns	633,7500ns
Desvio	1	1264,8533*	1391,0533*	1236,2700*	1079,2033*	2301,8700**	2268,7500*
		Modelos de Regressão e Médias					
		$Y=82,066+0,282^{**}x$ $R^2 = 0,7058$	$Y=83,800+0,308^{**}x$ $R^2 = 0,7407$	$Y=87,133+0,305^{**}x$ $R^2 = 0,7535$	$Y=94,733+ 0,276^{**}x$ $R^2 = 0,7474$	$Y=100,5333+0,267^{**}x$ $R^2 = 0,5242$	$Y=101,300+0,300^{**}x$ $R^2 = 0,5924$
L25%ETo		84,8666	87,6666	90,9333	98,2666	100,9333	102,8000
L50%ETo		104,5333	107,4000	110,3333	115,7333	125,7333	127,8000
L75%ETo		99,2666	102,2000	105,8000	111,2666	115,8000	118,8000
L100%ETo		110,1333	115,1333	117,9333	122,8000	126,5333	130,8000
Adubação		Médias					
5 L /planta		88,2000 b	90,5000 b	94,1000 b	101,4500 b	104,35000 b	107,4000 b
10 L/planta		105,0500 a	109,2000 a	111,8500 a	116,5000ab	122,5000 a	124,9000 a
15 L /planta		105,8500 a	109,6000 a	112,8000 a	118,1000 a	124,9000 a	127,850 a
d.m.s		15,75	15,4376	15,8879	16,6180	15,8437	16,8458
		AP240DAT	AP270DAT	AP300DAT	AP330DAT	AP360DAT	AP390DAT
Lâmina		Quadrados Médios					
Reg. Linear		4431,3633**	4370,0833**	4800,0000**	5034,8033**	5258,4533**	-
Reg. Quadrática		660,0166ns	814,0166ns	1092,2666*	770,4166ns	589,0666ns	-
Desvio		2414,0033**	2610,7500**	3333,3333**	3353,3633**	3280,2133**	-
		Modelos de Regressão e Médias					
		$Y=103,133+0,307^{**}x$ $R^2 = 0,5904$	$Y=105,866+0,305^{**}x$ $R^2 = 0,5606$	$Y=108,600+0,320^{**}x$ $R^2 = 0,5203$	$Y=110,866+0,327^{**}x$ $R^2 = 0,5497$	$Y=112,400+0,334^{**}x$ $R^2 = 0,5761$	-
L25%ETo		104,6666	106,8666	109,0000	112,1333	114,3333	-
L50%ETo		130,3333	133,6666	138,8666	140,8666	142,2000	-
L75%ETo		121,0000	123,6000	126,8666	129,0000	130,7333	-
L100%ETo		133,4000	135,6666	139,6666	143,4000	146,0666	-
Adubação		Médias (cm)					
5 L/planta		109.3000b	112.0000 b	116.1000 b	118.8000 a	121.0500 a	-
10 L/planta		126.9500 a	129.6000 a	133.3500 aa	138.7000 a	140.3000 a	-
15 L/planta		130.8000 a	133.2500 a	136.3500 a	136.9500 a	138.6500 a	-
d.m.s		16,9620	17,47409	18,8372	20,1231	15,829	-

Ns :não significativo;*e** significativo a 5 e 1% respectivamente pelo teste F; médias com mesma letra na linha não se diferem estatisticamente

No teste de comparação de médias para o desdobramento das doses de adubação em cada lâmina de irrigação para a variável AP, aos 390 DAT para a altura de plantas verifica-se que apenas nas lâminas de 50 e 75% da ETo, com o nível de adubação de 5kg foi quem diferiu das demais (Figura 8). E na análise de regressão para o desdobramento das lâminas de irrigação em cada dose de adubo orgânico para a variável AP de pinhão-mansão aos 390 DAT (Figura 7), observa-se que houve efeito linear nas adubações de 5 e 10 kg, as quais não diferiram uma da outra: já o fator adubação com 15kg de adubo orgânico apresentou comportamento quadrático, apresentando um coeficiente de determinação (R^2) de 0,90. Segundo Freire (2011), em estudos através dos quais foram avaliados os efeitos da aplicação de efluentes de esgoto no crescimento do pinhão-mansão em seu primeiro ciclo, foram encontrados resultados semelhantes ao desta pesquisa.

Silva (op. cit.) observou, em pesquisa sobre o pinhão-mansão, nas mesmas condições, que a altura de plantas não foi afetada, imediatamente, após transplante, sendo afetada nas demais épocas de avaliação, como aconteceu nesta pesquisa.

Verifica-se na Tabela 12 o agrupamento das médias para altura de plantas nas diferentes épocas de avaliação, comparando a testemunha com os demais tratamentos resultantes da análise do contraste fatorial x testemunha.

Numa análise geral, não houve diferença significativa entre testemunha e os tratamentos resultantes da combinação das lâminas de irrigação com a dose de adubação de 5kg por planta (A1), exceto quando esta dose é combinada a nível de 100% da ETo (A1L100%), que, neste caso, difere do tratamento testemunha. Também pode-se observar que nas doses A2L25% e A3L25% da ETo as médias não diferiram das médias de altura da testemunha.

Verifica-se ainda que a comparação de médias para a altura de plantas de pinhão manso em diferentes épocas de avaliação para o contraste Tratamentos X Testemunha, observou-se que a testemunha não diferiu no fator adubação com 5kg (A1) em nenhuma das épocas de avaliação nas lâminas de 25,50 e 75%. Já na A3 (15KG) houve diferença significativa em todos os períodos, com uma exceção da lâmina de 25% do período de 120 a 390 DAT.

Tais resultados são indicadores que níveis de irrigação em 25% da Eto no pinhãomanso são insuficientes ao favorecimento do seu crescimento em altura, mesmo quando adubadas com uma maior quantidade de matéria orgânica. Em pesquisa com mamoneira, cultivar BRS Nordestina, irrigada com águas residuárias tratadas de três indústrias de Campina Grande-PB, Xavier (op. cit.) constatou melhores resultados de crescimento nas plantas conduzidas com 100 % de água disponível.

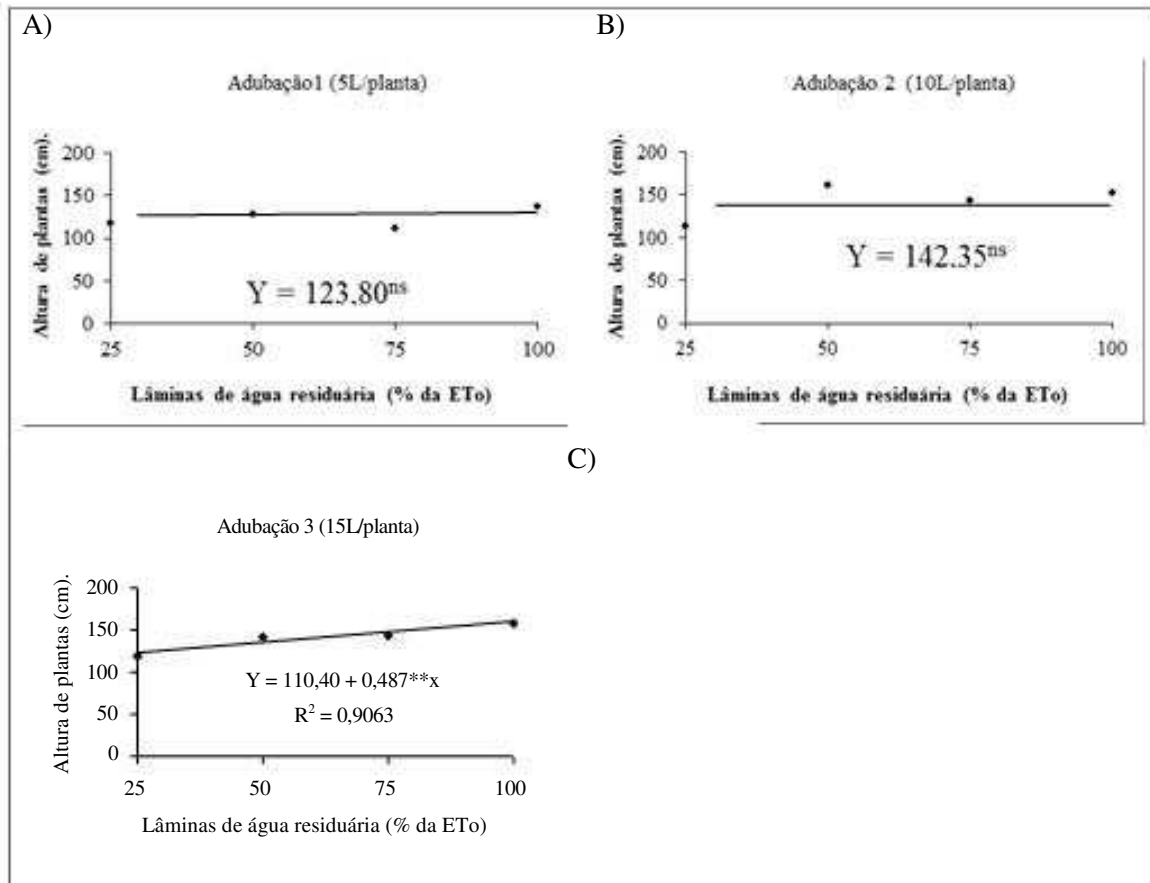


Figura 8. Análise de regressão para o desdobramento das lâminas de irrigação em cada dose de adubo orgânico para a variável altura de plantas de pinhão manso aos 390 dias após o transplantio.

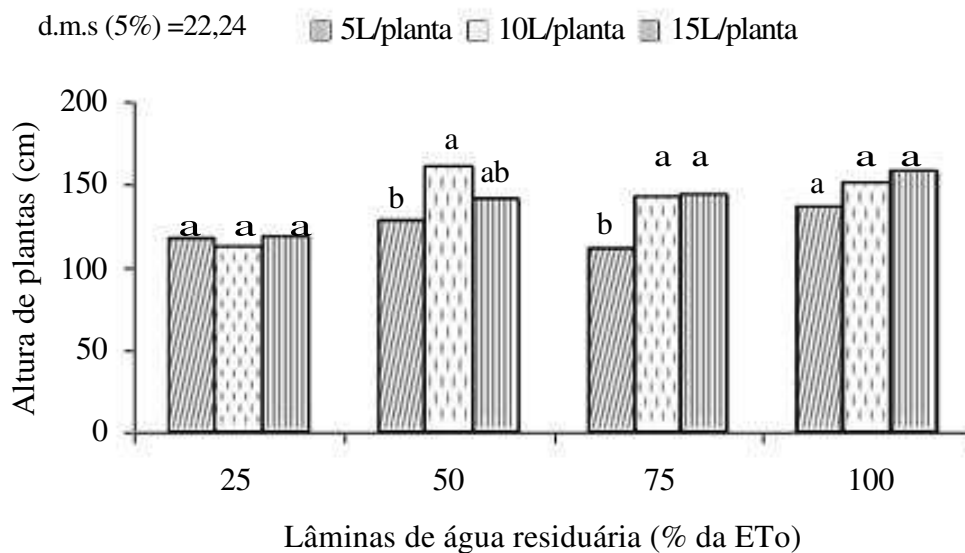


Figura 9. Teste de comparação de médias para o desdobramento das doses de adubação em cada lâmina de irrigação para a variável AP, aos 390 DAT. Em cada lâmina, barras com mesma letra indicam não haver diferença pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 12. Médias para a altura de plantas de pinhão-manso em diferentes épocas de avaliação para os tratamentos testados e para o tratamento adicional (testemunha).

Altura de plantas - AP						
Médias (cm)						
TRATAMENTOS	AP60DAT	AP90DAT	AP120DAT	AP150DAT	AP180DAT	AP210DAT
Testemunha	69,40 b	71,60 b	74,80 b	79,40 b	83,40 b	85,20 b
A1 L25%ETo	79,60 b	81,80 b	85,60 b	98,40 b	101,00 b	102,40 b
A1 L50%ETo	94,60 b	97,80 b	99,80 b	103,60 b	106,40 b	108,60 b
A1 L75%ETo	80,80 b	82,60 b	87,20 b	93,20 b	95,20 b	98,60 b
A1 L100%ETo	97,80 a	99,80 b	103,80 b	110,60 a	114,80 a	120,00 a
A2 L25%ETo	86,60 b	90,40 b	92,60 b	95,20 b	98,60 b	101,00 b
A2 L50%ETo	109,80 a	112,60 a	116,40 a	123,60 a	145,00 a	147,00 a
A2 L75%ETo	108,80 a	112,40 a	114,80 a	119,20 a	125,80 a	128,80 a
A2 L100%ETo	115,00 a	121,40 a	123,60 a	128,00 a	130,20 a	134,60 a
A3 L25%ETo	88,40 a	90,80 a	94,60 b	101,20 b	103,20 b	105,00 b
A3 L50%ETo	109,20 a	111,80 a	114,80 a	120,00 a	125,80 a	127,80 a
A3 L75%ETo	108,20 a	111,60 a	115,40 a	121,40 a	126,40 a	129,00 a
A3 L100%ETo	117,60 a	124,20 a	126,40 a	129,80 a	134,60 a	137,80 a
	AP240DAT	AP270DAT	AP300DAT	AP330DAT	AP360DAT	AP390DAT
Testemunha	89,40 b	92,80 b	94,80 b	96,60 b	97,80 b	99,20 b
A1 L25%ETo	103,80 b	106,20 b	108,00 b	111,40 b	114,00 b	117,40 b
A1 L50%ETo	110,40 b	114,80 b	122,40 b	125,00 b	126,40 b	128,20 b
A1 L75%ETo	100,60 b	102,80 b	107,60 b	108,80 b	110,40 b	112,00 b
A1 L100%ETo	122,40 a	124,20 a	126,40 a	130,00 a	133,40 a	137,00 a
A2 L25%ETo	103,60 b	105,60 b	107,80 b	110,40 b	111,40 b	112,80 b
A2 L50%ETo	150,80 a	153,80 a	156,80 a	158,40 a	159,60 a	161,00 a
A2 L75%ETo	131,40 a	134,00 a	136,40 a	139,00 a	141,20 a	143,60 a
A2 L100%ETo	137,40 a	139,60 a	144,40 a	147,00 a	149,00 a	152,00 a
A3 L25%ETo	106,60 b	108,80 b	111,20 b	114,60 b	117,60 b	118,80 b
A3 L50%ETo	129,80 a	132,40 a	137,40 a	139,20 a	140,60 a	142,00 a
A3 L75%ETo	131,00 a	134,00 a	136,60 a	139,20 a	140,60 a	143,80 a
A3 L100%ETo	140,40 a	143,20 a	148,20 a	153,20 a	155,80 a	158,80 a

Médias com mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$); DAT: dias após transplântio.

5.1.2 - Número de Folhas (NF)

Verifica-se pelo resumo da análise de variância (Tabela 13) que o número de folhas do pinhão-mansó foi influenciado significativamente pelos níveis de reposição hídrica e doses de adubação em todas as datas de avaliação do crescimento, bem como houve interação significativa entre estes fatores. A significância na interação dos fatores para o número de folhas indica a interferência dos efeitos de um fator sobre o outro nesta variável.

Para o estudo do desdobramento da interação entre 'lâminas' e 'adubação', encontram-se, nas Tabelas 14 e 15, as médias de número de folhas referentes ao desdobramento de adubação dentro de cada lâmina de reposição hídrica. Nesse sentido, percebe-se ter havido distinção entre as doses de esterco bovino apenas a partir da lâmina de 50% da ETo, sendo, nestes casos, a dose de 5L/por planta que promoveu menor quantidade de folhas. Nota-se, ainda, que quando as plantas foram irrigadas com 100% da ETo, houve maior produção de folhas nas plantas adubadas com 15 litros de esterco bovino por cova, sendo que entre as doses de 5 e 10 L por planta não houve diferença significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Por estes resultados verifica-se que a adição de matéria orgânica na nutrição de plantas de pinhão-mansó é mais viável quando se disponibiliza maior volume de água para a irrigação. Acrescente-se, ainda, que maiores volumes na irrigação com águas residuárias implicam em maior disponibilização de matéria orgânica e nutrientes às plantas, fato que justifica o comportamento observado nesta pesquisa em relação ao número de folhas.

Tabela 13. Resumo da análise de variância para o número de folhas de plantas de pinhão-manso em diferentes épocas em função da adubação orgânica e de níveis de reposição hídrica com água residuária.

Quadrados Médios							
Número de folhas - NF							
FV	GL	NF60DAT	NF90DAT	NF120DAT	NF150DAT	NF180DAT	NF210DAT
Bloco	4	9,2010ns	21,8957*	4,6891ns	10,4181ns	13498,9333ns	9,3347ns
Adubação (A)	2	216,8185**	234,8343**	200,1866**	223,9776**	247308,8000**	181,6741**
Erro 1	8	6,3629	4,3012	2,8308	4,1232	3961,4458	3,1836
Lâminas (L)	3	91,9169**	84,2696**	64,4063**	78,5050**	107644,6666**	105,1207**
Interação A x L	6	16,7995ns	24,9170**	13,1450*	27,9738**	42311,0666**	24,4543**
Erro 2	36	9,5340	5,7640	4,5400	7,8627	9150,9750	6,0122
CV 1 (%)		15,79	12,72	11,34	11,95	19,45	10,02
CV 2 (%)		19,33	14,73	14,37	16,50	29,56	13,77
Tratamentos	12	78,7091**	85,4006**	61,5207**	90,6121**	91,8113**	94,1494**
Test. x Fatorial	1	134,3244**	152,8274**	65,7857**	236,0328**	259,2626**	304,3565**
Erro	48	8,6878	5,6075	4,1226	6,7521	6,2020	5,1299
CV (%)		18,95	14,93	13,96	15,80	14,77	13,18

FV	GL	NF240DAT	NF270DAT	NF300DAT	NF330DAT	NF360DAT	NF390DAT
Bloco	4	10,9584*	17686,4416*	9,2231*	5,0991ns	6,4415ns	5,5354ns
Adubação (A)	2	171,6359**	213973,0666**	131,7535**	48,4877*	43,4690**	41,1334*
Erro 1	8	2,2884	2950,3166	2,2121	9,6051	8,1123	7,8025
Lâminas (L)	3	105,0775**	141258,0888**	76,6060**	20,8142ns	30,4075*	33,0768*
Interação A x L	6	24,3711**	39842,0888**	18,9550*	23,0176*	26,3823**	25,9307*
Erro 2	36	6,0649	8612,1583	5,80831	7,6713	7,4751	7,8123
CV 1 (%)		8,34	15,28	8,31	18,34	17,59	17,58
CV 2 (%)		13,58	26,11	13,47	16,39	16,89	17,59
Tratamentos	12	92,7216**	91,0417**	76,8496**	40,1526**	43,0722**	47,5327**
Test. x Fatorial	1	307,9286**	316,7804**	315,1400**	184,3076	180,4124**	233,3106**
Erro	48	5,0694	5,0280	4,8255	7,5261	7,1383	7,2891
CV (%)		12,86	12,64	12,73	16,71	17,01	17,59

ns: não significativo; * e ** significativo a 5 e 1%, respectivamente pelo teste F; e DAT: dias após transplantio.

Tabela 14. Médias de número de folhas do pinhão-manso para o desdobramento do fator Adubação (A) dentro de cada lâmina de reposição hídrica (L) dos 60 aos 210 dias após transplântio.

Número de folhas - NF						
Adubação	NF 60DAT	NF 90DAT	NF 120DAT	NF 150DAT	NF 180DAT	NF 210DAT
A em L25%ETo						
5 L/planta	114,8000 a	138,0000 a	102,0000 a	151,8000 a	158,0000 a	163,2000 a
10L/planta	163,4000 a	150,2000 a	159,6000 a	203,4000 a	211,8000 a	213,0000 a
15L/planta	197,6000 a	222,2000 a	170,6000 a	224,0000 a	230,6000 a	230,2000 a
A em L50%ETo						
5 L/planta	150,0000 b	147,8000 b	124,4000 b	194,0000 b	220,4000 b	240,8000 b
10L/planta	340,2000 a	406,4000 a	304,6000 a	462,0000 a	477,6000 a	514,2000 a
15L/planta	413,0000 a	448,8000 a	377,8000 a	393,6000 a	423,2000 a	431,8000 a
A em L75%ETo						
5 L/planta	184,8000 b	191,6000 b	156,0000 b	192,4000 b	211,8000 b	242,0000 b
10L/planta	474,4000 a	362,4000 a	328,6000 a	393,6000 a	531,8000 a	425,2000 a
15L/planta	357,0000 a	435,4000 a	351,4000 a	514,2000 a	407,0000 a	542,4000 a
A em L100%ETo						
5 L/planta	180,2000 b	174,8000 b	141,2000 b	184,6000 b	192,2000 b	203,8000 b
10L/planta	284,2000 ab	267,6000 b	215,4000 b	280,6000 b	294,0000 b	297,6000 b
15L/planta	449,6000 a	484,8000 a	383,4000 a	512,4000 a	524,8000 a	521,6000 a
d.m.s	170,5934	130,3100	106,0134	151,4023	147,9364	138,6965

d.m.s.: diferença mínima significativa; DAT: dias após transplântio; médias seguida pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 15. Médias de número de folhas do pinhão-manso para o desdobramento do fator Adubação (A) dentro de cada lâmina de reposição hídrica (L) dos 240 aos 390 dias após transplantio.

Adubação	Número de folhas - NF					
	NF 240DAT	NF 270DAT	NF 300DAT	NF 330DAT	NF 360DAT	NF 390DAT
A em L25%ETo						
5 L/planta	179,2000 a	183,4000 a	185,4000 a	270,6000 a	252,0000 a	243,8000 a
10 L/planta	216,8000 a	224,2000 a	248,0000 a	279,2000 a	232,0000 a	211,2000 a
15 L/planta	238,4000 a	243,4000 a	228,6000 a	197,8000 a	162,8000 a	157,4000
A em L50%ETo						
5 L/planta	262,0000 b	273,6000 b	263,8000 b	262,0000 a	244,6000 a	235,6000 a
10 L/planta	512,4000 a	462,4000 a	480,6000 a	405,2000 a	369,6000 a	358,0000 a
15 L/planta	451,6000 a	524,4000 a	444,40000 a	321,6000 a	308,4000 a	299,2000 a
A em L75%ETo						
5 L/planta	250,6000 b	264,2000 b	254,0000 b	197,8000 b	183,0000 b	175,8000 b
10 L/planta	560,6000 a	442,6000 a	489,4000 a	371,0000 a	357,8000 a	356,6000 a
15 L/planta	435,0000 a	569,2000 a	411,6000 a	335,6000 ab	322,0000 a	297,8000 a
A em L100%ETo						
5 L/planta	207,2000 b	223,6000 b	216,2000 b	231,6000 b	204,6000 b	200,0000 b
10 L/planta	314,4000 b	320,6000 b	288,2000 b	253,0000 b	233,0000 b	231,6000 b
15 L/planta	533,8000 a	534,0000 a	504,8000 a	437,0000 a	414,6000	404,6000 a
d.m.s.	141,9401	143,5150	133,0236	145,9735	135,9404	136,0853

d.m.s.: diferença mínima significativa; DAT: dias após transplantio; médias seguida pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Conforme o estudo da regressão (Tabelas 16 e 17), para os desdobramentos dos níveis de reposição hídrica em cada dose de adubo orgânico, os dados de números de folhas obtidos das avaliações se ajustam a modelos de regressão linear crescente apenas nas doses de 15kg de esterco por planta (A3). Apesar de se constatar variações nas médias (Tabelas 16 e 17) em todas as épocas os dados não se ajustaram aos modelos de regressão testados nos níveis de adubação de 5 e 10kg de esterco por planta. Com isso constata-se mais uma vez que o crescimento do pinhão-manso, em termos de quantidade de folhas, é beneficiado pelo aumento da disponibilidade hídrica na presença de maior quantidade de matéria orgânica. Ressalta-se que tanto a quantidade quanto o tamanho das folhas são importantes por serem aparato fotossintético da planta.

Conforme Taiz e Zeiger (2004), a expansão ou alongamento celular é um processo que depende do turgor, portanto, é extremamente sensível à disponibilidade de água no solo para as plantas. Assim, a restrição hídrica limita não só o tamanho, mas também o número de folhas. Ainda segundo esses autores, as folhas desenvolvem uma cutícula mais grossa para reduzir a perda de água por transpiração. Estas medidas aumentam a eficiência de uso de água pela planta.

Com relação ao pinhão-manso, mesmo sendo uma planta com crescimento considerado satisfatório em condições de seca e/ou baixa precipitação pluviométrica, neste trabalho ficou constatada a sua sensibilidade ao estresse hídrico (baixos níveis de reposição de água). Silva et al. (op. cit.), durante o primeiro ciclo de cultivo, obtiveram resultados semelhantes.

Ainda em relação ao número de folhas, estão apresentadas, na Tabela 18, as médias de todos os tratamentos testados e do tratamento adicional (testemunha). De maneira geral constata-se diferença significativa (Scott-Knott, $P < 0,05$), verificando-se maiores médias nos tratamentos em que as plantas receberam maior quantidade de adubo orgânico na adubação e da água residuária na irrigação, conforme se vê na discussão anterior. Constata-se ainda não haver diferença significativa quando são comparadas as médias das testemunhas com os tratamentos em que a adubação foi de apenas 5kg por planta e/ou de 10 kg por planta nas laminas de 25% da ETo, denotando-se novamente menores benefícios a planta nestes tratamentos, assim como na testemunha.

Tabela 16. Desdobramento do fator lâminas de reposição hídrica (L) em cada dose de adubação orgânica (A) para o número de folhas de pinhão-mansão em diferentes épocas de avaliação. Dos 60 a 210 DAT

Lâminas	Número de folhas - NF					
	NF60DAT	NF90DAT	NF120DAT	NF150DAT	NF180DAT	NF210DAT
	L em A1 (5 L/planta) - Médias					
L25%ETo	114,8000	138,0000	102,0000	151,8000	158,0000	163,2000
L50%ETo	150,0000	147,8000	124,4000	194,0000	220,4000	240,8000
L75%ETo	184,8000	191,6000	156,0000	192,4000	211,8000	242,0000
L100%ETo	180,2000	174,8000	141,2000	184,6000	192,2000	203,8000
	L em A2 (10 L/planta) - Médias					
L25%ETo	163,4000	150,2000	159,6000	203,4000	211,8000	213,0000
L50%ETo	340,2000	406,4000	304,6000	462,0000	477,6000	514,2000
L75%ETo	474,4000	435,4000	351,4000	514,2000	531,8000	542,4000
L100%ETo	284,2000	267,6000	215,4000	280,6000	294,0000	297,6000
	L em A3 (15 L/planta) - Médias					
L25%ETo	197,6000	222,2000	170,6000	224,0000	230,6000	230,2000
L50%ETo	413,0000	448,8000	377,8000	393,6000	423,2000	431,8000
L75%ETo	357,0000	362,4000	328,6000	393,6000	407,0000	425,2000
L100%ETo	449,6000	484,8000	383,4000	512,4000	524,8000	521,6000
	Modelos de Regressão					
	NF60DAT	NF90DAT	NF120DAT			
L em A1	Y = 157,45 ^{ns}	Y = 288,65 ^{ns}	Y = 130,90 ^{ns}			
L em A2	Y = 315,55 ^{ns}	Y = 314,90 ^{ns}	Y = 257,75 ^{ns}			
L em A3	Y = 179,300+2,800**x R ² = 0,6606	Y = 204,200+2,805*x R ² = 0,6010	Y = 167,800+2,356**x R ² = 0,5853			
	NF150DAT	NF180DAT	NF210DAT			
L em A1	Y = 180,70 ^{ns}	Y = 195,60 ^{ns}	Y = 212,45 ^{ns}			
L em A2	Y = 365,05 ^{ns}	Y = 78,803 ^{ns}	Y = 391,80 ^{ns}			
L em A3	Y = 164,6000+3,460**x R ² = 0,8663	Y = 179,800+3,465**x R ² = 0,8377	Y = 185,300+3,470**x R ² = 0,8318			

ns: não significativo; * e ** significativo a 5 e 1%, respectivamente pelo teste F; e DAT: dias após transplantio

Tabela 17. Desdobramento do fator lâminas de reposição hídrica (L) em cada dose de adubação orgânica (A) para o número de folhas de pinhão-manso em diferentes épocas de avaliação. Dos 240 aos 390 DAT.

Lâminas	Número de folhas - NF					
	NF240DAT	NF270DAT	NF300DAT	NF330DAT	NF360DAT	NF390DAT
	L em A1 (5 L/planta) - Médias					
L25%ETo	179,2000	183,4000	185,4000	270,6000	252,0000	243,8000
L50%ETo	262,0000	273,6000	263,8000	262,0000	244,6000	235,6000
L75%ETo	250,6000	264,2000	254,0000	197,8000	183,0000	175,8000
L100%ETo	207,2000	223,6000	216,2000	231,6000	204,6000	200,0000
	L em A2 (10 L/planta) - Médias					
L25%ETo	216,8000	224,2000	248,0000	279,2000	232,0000	211,2000
L50%ETo	512,4000	524,4000	480,6000	405,2000	369,6000	358,0000
L75%ETo	560,6000	569,2000	489,4000	371,0000	357,8000	356,6000
L100%ETo	314,4000	320,6000	288,2000	253,0000	233,0000	231,6000
	L em A3 (15 L/planta) - Médias					
L25%ETo	238,4000	243,4000	228,6000	197,8000	162,8000	157,4000
L50%ETo	451,6000	462,4000	444,4000	321,6000	308,4000	299,2000
L75%ETo	435,0000	442,6000	411,6000	335,6000	322,0000	297,8000
L100%ETo	533,8000	534,0000	504,8000	437,0000	414,6000	404,6000
	Modelos de Regressão					
	NF240DAT	NF270DAT	NF300DAT			
L em A1	Y = 224,75ns	Y = 236,20 ns	Y = 229,85ns			
L em A2	Y = 401,05ns	Y = 409,60ns	Y = 376,55ns			
L em A3	Y = 197,3000+3,478**x R ² = 0,8039	Y = 207,6000+3,408**x R ² = 0,7807	Y = 198,400+3,183**x R ² = 0,7461			
	NF330DAT	NF360DAT	NF390DAT			
L em A1	Y = 240,50 ^{ns}	Y = 221,05 ^{ns}	Y = 213,80 ^{ns}			
L em A2	Y = 327,10ns	Y = 298,10ns	Y = 289,35			
L em A3	Y = 140,100+2,926**x R ² = 0,9282	Y = 109,700+3,076**x R ² = 0,9092	Y = 104,700+2,960**x R ² = 0,8877			

ns: não significativo; * e ** significativo a 5 e 1%, respectivamente pelo teste F; e DAT: dias após transplantio

Tabela 18. Médias para o número de folhas de pinhão-manso em diferentes épocas de avaliação para os tratamentos testados e para o tratamento adicional (testemunha).

TRATAMENTOS	Número de folhas - NF					
	Médias (cm)					
	NF60DAT	NF90DAT	NF120DAT	NF150DAT	NF180DAT	NF210DAT
Testemunha	116,80 c	115,80 b	125,20 b	97,80 b	99,80 b	94,20 d
A1 L25%ETo	114,80 c	138,00 b	102,00 b	151,80 b	158,00 b	163,20 d
A1 L50%ETo	150,00 c	147,80 b	124,40 b	194,00 b	220,40 b	240,80 c
A1 L75%ETo	184,80 c	191,60 b	156,00 b	192,40 b	211,80 b	242,00 c
A1 L100%ETo	180,20 c	174,80 b	141,20 b	184,60 b	192,20 b	203,80 c
A2 L25%ETo	163,40 c	150,20 b	159,60 b	203,40 b	211,80 b	213,00 c
A2 L50%ETo	340,20 b	406,40 a	304,60 a	462,00 a	477,60 a	514,20 a
A2 L75%ETo	474,40 a	435,40 a	351,40 a	514,20 a	531,80 a	542,40 a
A2 L100%ETo	284,20 b	267,60 b	215,40 b	280,60 b	294,00 b	297,60 c
A3 L25%ETo	197,60 c	222,20 b	170,60 b	224,00 b	230,60 b	230,20 c
A3 L50%ETo	413,00 a	448,80 a	377,80 a	393,60 a	423,20 a	431,80 b
A3 L75%ETo	357,00 b	362,40 a	328,60 a	393,60 a	407,00 a	425,20 b
A3 L100%ETo	449,60 a	484,80 a	383,40 a	512,40 a	524,80 a	521,60 a
	NF240DAT	NF270DAT	NF300DAT	NF330DAT	NF360DAT	NF390DAT
Testemunha	100,00 c	103,00 c	94,40 c	114,20 b	101,80 b	79,20 b
A1 L25%ETo	179,20 c	183,40 c	185,40 b	270,60 b	252,00 b	243,80 b
A1 L50%ETo	262,00 b	273,20 b	263,80 b	262,00 b	244,60 b	235,60 b
A1 L75%ETo	250,60 b	264,20 b	254,00 b	197,80 b	183,00 b	175,80 b
A1 L100%ETo	207,20 b	223,60 b	216,20 b	231,60 b	204,60 b	200,00 b
A2 L25%ETo	216,80 b	224,20 b	248,00 b	279,20 b	232,00 b	211,20 b
A2 L50%ETo	512,40 a	524,40 a	480,60 a	405,20 a	369,60 a	358,00 a
A2 L75%ETo	560,60 a	569,20 a	489,40 a	371,00 a	357,80 a	356,60 a
A2 L100%ETo	314,40 b	320,60 b	288,20 b	253,00 b	233,00 b	231,60 b
A3 L25%ETo	238,40 b	243,40 b	228,60 b	197,80 b	162,80 b	157,40 b
A3 L50%ETo	451,60 a	462,40 a	444,40 a	321,60 a	308,40 a	299,20 a
A3 L75%ETo	435,00 a	442,60 a	411,60 a	335,60 a	322,00 a	297,80 a
A3 L100%ETo	533,80 a	534,00 a	504,80 a	437,00 a	414,60 a	404,60 a

Médias com mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$); DAT: dias após transplântio.

5.1.3 - Diâmetro caulinar (DC)

Com relação à variável diâmetro caulinar observa-se, na Tabela 19, o resumo da análise de variância, em que identificou-se significância estatística em todas as épocas de avaliação para em função das doses de adubo orgânico, fato que comprova a importância da nutrição no desenvolvimento caulinar do pinhão-manso desde os primeiros estágios. Todavia, para o fator lâminas de irrigação, verificou-se efeito significativo apenas a partir dos 240 dias após o transplante, não havendo, contudo, interação entre os fatores estudados em nenhuma época. Portanto, de forma diferente da variável altura de plantas, o efeito da disponibilidade hídrica sobre o diâmetro do caule parece demandar maior tempo para ser notado no pinhão-manso. Nessa avaliação, verificou-se também boa precisão e uniformidade dos dados obtidos, conforme os valores observados de coeficientes de variação (CV) que foram considerados baixos (Tabela 19).

No estudo dos fatores isolados para a variável DC, com relação às lâminas de irrigação, percebe-se que, até os 210 DAT, os dados não se ajustaram a nenhum dos modelos de regressão testados, com médias entre as lâminas entre 51 e 62 mm dos 60 aos 210 DAT. A partir dos 240 DAT os dados de DC se ajustaram ao modelo linear, com aumento nesta variável proporcionalmente ao aumento da reposição hídrica, com acréscimos em entre 0,13% (240 DAT) e 0,19% (390 DAT) em função do aumento unitário em ETo. Apesar de pouco expressivo, denota-se que o aumento em DC ocorreu ao longo do tempo em função das lâminas.

Para a fonte de variação adubação, os resultados obtidos foram similares aos observados para a altura de plantas, em que as maiores médias foram constatadas nas doses de 10 e 15 L de esterco bovino por planta. Evidencia-se, portanto, que tanto o crescimento em altura quanto o crescimento secundário (espessura) do caule do pinhão-manso são influenciados positivamente pela adubação orgânica (Tabela 20).

Os resultados encontrados neste trabalho, tanto em relação ao suprimento hídrico quanto em ao manejo nutricional, corroboram com aqueles encontrados por alguns pesquisadores ao estudarem a cultura do pinhão manso. Conforme os resultados descritos por Silva et al. (op. cit.), que avaliaram a influência de níveis de água disponível no solo no crescimento do diâmetro caulinar de plantas de pinhão-manso, verificaram que, quando ocorreu aumento no suprimento hídrico com água residuária, o resultado foi de incrementos lineares para o diâmetro do caule.

Albuquerque et al. (2009) constataram, analisando também a cultura do pinhão-manso com relação ao aumento de diâmetro do caule (DC) em função das doses de nitrogênio, evidenciando assim a importância da aplicação de fontes de nutrientes essenciais para o desenvolvimento do pinhão-manso. Foltran (apud LYRA, 1997) e Menezes et al. (2002) constataram também o aumento gradativo do diâmetro do caule com a elevação da quantidade de matéria orgânica.

Vários estudos comprovam que o diâmetro é tanto maior quanto maior for a disponibilidade hídrica no solo (LACERDA, 2006, BARROS JÚNIOR, op. cit.), porém, quando se utiliza água residuária para a prática de irrigação, as plantas se tornam mais robustas (XAVIER, op. cit; RODRIGUES et al., 2009a; SILVA et. al., op. cit.). Os autores atribuem tal fato ao aporte de nutrientes da água residuária.

Tabela 19. Resumo da análise de variância para o diâmetro do caule de pinhão-manso em diferentes épocas em função da adubação orgânica e de níveis de reposição hídrica com água residuária.

		Quadrados Médios					
		Diâmetro do caule - DC					
FV	GL	DC60DAT	DC90DAT	DC120DAT	DC150DAT	DC180DAT	DC210DAT
Bloco	4	52,6258ns	88,8235ns	53,8530ns	84,2780ns	93,0210**	86,4350ns
Adubação (A)	2	650,5840**	927,5205**	642,9822**	522,3696*	437,2292*	462,7172*
Erro 1	8	64,3180	90,8243	63,2121	63,3769	70,9215	72,7896
Lâminas (L)	3	316,4191*	200,2238*	300,2361*	306,3706*	330,3720**	372,0191**
Interação A x L	6	55,0174ns	53,0783ns	59,6869ns	102,2944ns	116,6088ns	121,3715ns
Erro 2	36	76,1756	83,0959	74,5552	76,0603	73,6877	82,4052
CV 1 (%)		16,05	17,24	15,95	13,73	13,93	13,49
CV 2 (%)		17,47	16,49	17,32	15,04	14,20	14,62
Tratamentos	12	301,3213**	344,4180**	250,2245**	324,1126**	343,4376**	368,4676**
Test. x Fatorial	1	1035,3254**	1358,8344**	457,8995**	1311,7339**	1556,0241**	1651,8906**
Erro	48	74,4853	84,3752	73,2490	73,9055	72,7896	78,4205
CV (%)		17,68	17,02	17,44	15,16	14,45	14,61
FV	GL	DC240DAT	DC270DAT	DC300DAT	DC330DAT	DC360DAT	DC390DAT
Bloco	4	79,2260ns	82,5396ns	65,5473ns	73,7775ns	63,7250ns	54,4470ns
Adubação (A)	2	465,0120*	423,8398*	375,1427*	415,7056*	400,7921*	408,1085*
Erro 1	8	69,3043	67,8141	71,2877	74,9078	75,5725	79,6128
Lâminas (L)	3	431,0271**	469,0635**	441,0089**	443,9627**	486,7566**	559,2043**
Interação A x L	6	126,0435ns	134,3862ns	137,3089ns	140,8571ns	153,8502ns	138,0394ns
Erro 2	36	82,8232	77,2097	72,6702	75,4034	74,8959	65,6491
CV 1 (%)		13,11	12,71	12,61	12,68	12,60	12,71
CV 2 (%)		14,33	13,56	12,73	12,73	12,54	11,54
Tratamentos	12	389,8781**	401,4515**	400,6092**	406,1486**	412,2460**	436,1689**
Test. x Fatorial	1	1699,1712**	1756,2302**	1910,1451**	1865,3419**	1761,9969**	1911,9608**
Erro	48	78,7215	74,0293	71,2503	74,7164	77,7969	71,3961
CV (%)		14,30	13,59	12,91	12,96	13,06	12,31

ns: não significativo; * e ** significativo a 5 e 1%, respectivamente pelo teste F; e DAT: dias após transplantio.

Tabela 20. Estudo de regressão e teste de comparação de médias para o diâmetro do caule de pinhão-mansinho em diferentes épocas em função adubação orgânica e de reposição hídrica com água residuária.

Diâmetro do caule - DC (mm)						
FV	DC60DAT	DC90DAT	DC120DAT	DC150DAT	DC180DAT	DC210DAT
Lâmina	Quadrados Médios					
Reg. Linear	3731,2133**	390,2676*	782,0476**	643,3694**	597,1069**	574,0556*
Reg. Quadrática	290,4000ns	210,2256ns	116,9568ns	269,1978ns	376,4013*	494,6158*
Desvio	1264,8533*	0,1781ns	1,7040ns	6,5445ns	17,6079ns	47,3859ns
Modelos de Regressão e Médias						
	$Y=41,6390+0,1331^{**}x$ $R^2 = 0,8758$	$Y=49,5856+0,0912^{**}x$ $R^2 = 0,6497$	$Y=41,7776+0,1291^{**}x$ $R^2 = 0,8683$	$Y=50,6683+ 0,1171^{**}x$ $R^2 = 0,700$	$Y=53,3873+0,1128^{**}x$ $R^2 = 0,6025$	$Y=40,8061+0,684^{**}x--0,0045^{**}x^2$ $R^2 = 0,9575$
L25%ETo	43,6846	50,0193	43,6860	51,3313	53,4620	54,6600
L50%ETo	49,3773	55,9466	49,4060	59,0873	62,2620	64,7586
L75%ETo	53,3146	58,3740	53,0873	61,1300	63,6300	65,1406
L100%ETo	53,4686	56,8140	53,2226	60,4133	62,4113	63,7546
Adubação	Médias					
5 L /planta	88,2000 b	49,8780 b	44,1125 b	52,1015 b	55,0540 b	56,5245 b
10 L/planta	105,0500 a	53,0520 b	49,9890 ab	60,6060 a	62,8285 a	64,8295 a
15 L /planta	105,8500 a	62,9355 a	55,4500 a	61,2640 a	63,4415 a	64,8815 a
d.m.s	7,25	8,62	7,19	7,20	7,61	7,57
Diâmetro do caule - DC (cm)						
FV	DC240DAT	DC270DAT	DC300DAT	DC330DAT	DC360DAT	DC390DAT
Lâmina	Quadrados Médios					
Reg. Linear	639,3048**	695,1582**	700,8631**	696,4070**	762,6652**	1008,1866**
Reg. Quadrática	601,7933*	687,1550**	540,9604*	569,0608**	642,5553**	616,3215**
Desvio	51,9833ns	24,8774ns	81,2032ns	66,42048ns	55,0494ns	53,1049ns
Modelos de Regressão e Médias						
	$Y=40,3713+0,750^{**}x-0,0050^{**}x^2$ $R^2 = 0,9598$	$Y=40,2808+0,7986^{**}x-0,0054^{**}x^2$ $R^2 = 0,9823$	$Y=44,3000+0,722^{**}x-0,0048^{**}x^2$ $R^2 = 0,9386$	$Y=45,213+0,737^{**}x-0,0049^{**}x^2$ $R^2 = 0,9501$	$Y=44,684+0,782^{**}x-0,0052^{**}x^2$ $R^2 = 0,9623$	$Y=45,016+0,787^{**}x--0,0051^{**}x^2$ $R^2 = 0,9683$
L25%ETo	55,5426	56,5740	58,8473	60,1086	60,5346	61,0820
L50%ETo	66,4613	67,5386	69,9906	71,1973	71,9820	72,8413
L75%ETo	66,8833	68,8553	69,9260	71,4213	72,6006	73,9833
L100%ETo	65,1340	66,2833	69,0586	70,1913	70,9580	72,9226
Adubação	Médias (cm)					
5 L/planta	57,9375 b	59,4995 b	61,9605 b	62,9810 b	63,8610 b	64,9945 a
10 L/planta	66,2840 a	67,3340 a	69,2450 ab	70,5020 ab	71,3025 ab	72,6550 a
15 L/planta	66,2945 a	67,6050 a	69,6615 a	71,2060 a	71,8930 a	72,9725 a
d.m.s	7,53	7,45	7,63	7,83	7,86	8,07

Ns :não significativo;*e** significativo a 5 e 1% respectivamente pelo teste F; médias com mesma letra na linha não se diferem estatisticamente

Na Tabela 21, verificou-se que quando contrastamos a testemunha com os fatores A1 e A2 com lâminas de 25% e 50% da ETo, não ocorre efeito significativo pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). Já para os níveis de adubação com 15kg de esterco orgânico (A3), com a reposição da evapotranspiração de 50,75 e 100% diferiram estatisticamente da testemunha em todos os períodos estudados. Verifica-se ainda que o maior diâmetro de caule foi atingido com o fator A3L100%, aos 390 DAT, com uma média de 81,09 cm, e a menor média do diâmetro foi verificado aos 60 DAT no tratamento testemunha.

Medeiros (2012) constatou que as plantas que receberam 100% de suas necessidades hídricas, irrigadas com água residuária, comparadas às plantas do tratamento testemunha, verificaram-se tendências não significativas entre os tratamentos, considerando que, em ambas as condições, foi repostado todo o consumo hídrico pela planta, mudando apenas o tipo de água de irrigação.

Assim é possível observar de maneira geral que nos tratamentos de menor disponibilidade hídrica, assim como nas doses de adubação de 5 e 10kg/planta, as médias são semelhantes estatisticamente as dos tratamentos testemunha, sobretudo nas avaliações iniciais (60-210DAT). Ressalta-se que este comportamento foi observado também para altura e número de folhas, confirmando que o aproveitamento para melhor desenvolvimento desta espécie deve estar associado à maior disponibilidade hídrica. Neste caso, torna-se inviável a maior disponibilização de doses de matéria orgânica sem que a suplementação hídrica seja suficiente para uma melhor promoção do crescimento e desenvolvimento desta cultura.

Tabela 21. Médias para o diâmetro do caule de pinhão-mansó em diferentes épocas de avaliação para os tratamentos testados e para o tratamento adicional (testemunha).

TRATAMENTOS	Diâmetro do Caule - DC					
	Médias (cm)					
	DC60DAT	DC90DAT	DC120DAT	DC150DAT	DC180DAT	DC210DAT
Testemunha	34,98 b	38,13 b	39,89 b	41,13 b	42,08 b	43,16 b
A1 L25%ETo	40,42 b	45,55 b	40,73 b	49,38 b	52,83 b	54,12 b
A1 L50%ETo	44,59 b	52,24 b	44,45 b	49,10 b	52,52 b	54,76 b
A1 L75%ETo	44,75 b	52,22 b	44,43 b	57,06 a	60,18 a	61,69 a
A1 L100%ETo	46,93 b	49,49 b	46,82 b	52,85 b	54,67 b	55,50 b
A2 L25%ETo	43,62 b	48,96 b	43,59 b	50,59 b	52,30 b	53,53 b
A2 L50%ETo	48,88 b	52,34 b	49,04 b	67,38 b	70,39 b	73,39 b
A2 L75%ETo	57,59 a	59,26 a	57,38 a	64,44 a	66,56 a	68,32 a
A2 L100%ETo	50,43 b	51,63 b	49,93 b	60,01 a	62,04 a	64,27 a
A3 L25%ETo	47,01 b	55,53 b	46,72 b	54,01 b	55,25 b	56,31 b
A3 L50%ETo	54,66 a	63,25 a	54,71 a	60,78 a	63,87 a	66,11 a
A3 L75%ETo	57,60 a	63,63 a	57,44 a	61,88 a	64,13 a	65,40 a
A3 L100%ETo	63,03 a	69,31 a	62,91 a	68,37 a	70,51 a	71,48 a

	DC240DAT	DC270DAT	DC300DAT	DC330DAT	DC360DAT	DC390DAT
Testemunha	44,31 b	45,30 b	46,61 c	48,12 b	49,48 b	49,85 b
A1 L25%ETo	54,96 b	55,43 b	58,11 b	58,89 b	59,42 b	59,76 b
A1 L50%ETo	56,52 b	57,54 b	60,26 b	61,06 b	61,51 b	62,60 b
A1 L75%ETo	63,54 a	67,18 a	68,19 a	69,72 a	71,03 a	72,37 a
A1 L100%ETo	56,72 b	57,83 b	61,26 b	62,24 b	63,46 b	64,83 b
A2 L25%ETo	54,39 b	56,00 b	57,58 b	58,96 b	59,36 b	59,76 b
A2 L50%ETo	75,16 b	76,42 b	78,32 b	79,11 b	80,38 b	80,87 b
A2 L75%ETo	70,05 a	71,33 a	72,61 a	74,59 a	75,88 a	77,14 a
A2 L100%ETo	65,52 a	66,65 a	68,45 a	69,33 a	69,58 a	72,84 a
A3 L25%ETo	57,27 b	58,24 b	60,84 b	62,47 b	62,81 b	63,32 b
A3 L50%ETo	67,70 a	68,64 a	71,38 a	73,41 a	74,04 a	75,04 a
A3 L75%ETo	67,05 a	68,05 a	68,96 a	69,94 a	70,88 a	72,42 a
A3 L100%ETo	73,15 a	74,35 a	77,45 a	78,99 a	79,82 a	81,09 a

Médias com mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$); DAT: dias após transplante.

5.1.4 - Taxas de crescimento absoluto de altura de plantas e diâmetro caulinar (TCA_{ap}, TCA_{dc})

De acordo com Benincasa (2003), a análise de crescimento de plantas é um método que descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo entre duas amostras sucessivas, dentro do seu ciclo. Com isto, é possível avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos: a partir dos dados de crescimento pode-se inferir a atividade fisiológica, isto é, estimar as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes.

Constatou-se que não houve diferença significativa para as TCA em AP e DC no pinhão-manso em função dos tratamentos testados em relação à testemunha. No entanto verifica-se, na Figura 9, que os maiores valores do TCA_{AP}, foram atingidos dos 120 aos 180 dias e que na última avaliação, dos 300 aos 390 DAT. Esse nível de crescimento caiu, no entanto, não significativamente; a maior TCA_{AP} foi constatada também no mesmo período, e seu valor foi de 0,18 cm dia⁻¹, com uma reposição da evapotranspiração de 75% e com A3 (15kg). Enfim, notou-se que a menor TCA_{AP} ocorreu na penúltima avaliação (180-240DAT), com valor de 0,03 cm dia⁻¹, em um nível de reposição de 75% da ETo e com adubação de 15kg.

Para Larcher (2000), paralisações no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo ocorrem pela canalização da energia, de nutrientes e assimilados destinados à floração e frutificação que, por sua vez, se originam no processo fotossintético, na incorporação de substâncias minerais e na mobilização de reservas para a formação e enchimento dos frutos.

Araújo et al. (2009), em pesquisa com os mesmos níveis de reposição, porém com água salina (CEa entre 2,20 e 3,92 dS m⁻¹), verificaram variação na taxa de crescimento absoluta das plantas e os maiores valores foram encontrados no período de 150-210 dias após o transplante das mudas.

Barros Júnior (op. cit.), utilizando água de abastecimento, encontrou as maiores taxas de crescimento absoluto, em altura de plantas da mamona na primeira avaliação (20 a 40 DAS), com médias de 1,23 e 1,28 cm dia⁻¹, para as cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu.

Verifica-se, na Figura 10, que os maiores valores do TCA_{DC} foram atingidos na avaliação realizada entre 120 e 180 DAT, com o valor máximo de 0,15, enquanto que a menor

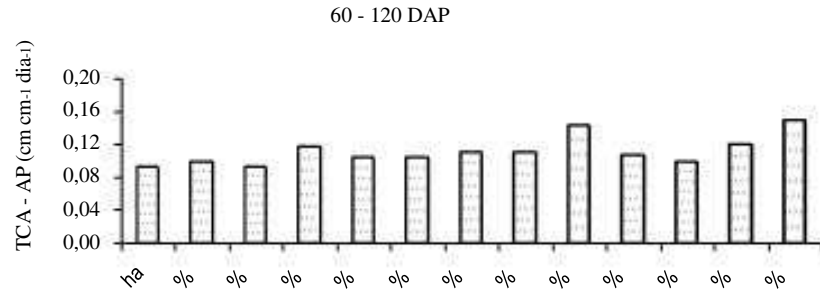
TCA_{DC} foi constatada na última avaliação (300-390DAT) com valor de 0,02 mm dia⁻¹ no nível de reposição de 25% da ETo e com A1(5kg).

Rodrigues (2008) observou, para a TCA_{DC} da cultura da mamoneira, efeito linear no período inicial de crescimento. Durante o período de 27-48 dias após a semeadura, o autor determinou um acréscimo de 110% na TCA_{DC} da mamoneira entre as plantas irrigadas com 0,60 e 1,20 da evapotranspiração.

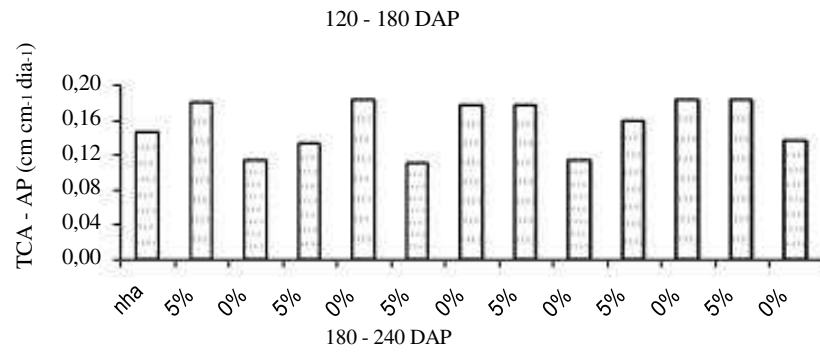
Carvalho e Nakagawa (2000) explicam que a taxa de crescimento das plantas é geneticamente controlada, e fatores que determinem diferentes taxas iniciais de crescimento terão efeito apenas durante a fase de crescimento exponencial das plantas, diminuindo de intensidade à medida que elas crescem.

A maior disponibilidade de água no solo promoveu maiores taxas de crescimento, resultados corroborados por Roza et al. (2009), ao concluírem que o pinhão-manso tem taxa de crescimento absoluto superior quando submetido a condições de boa disponibilidade hídrica.

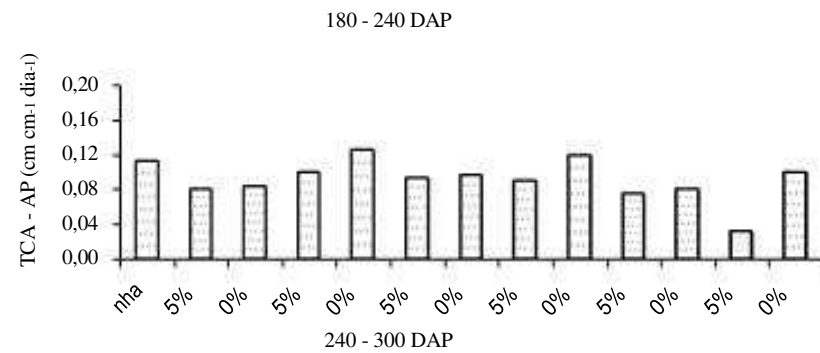
A)



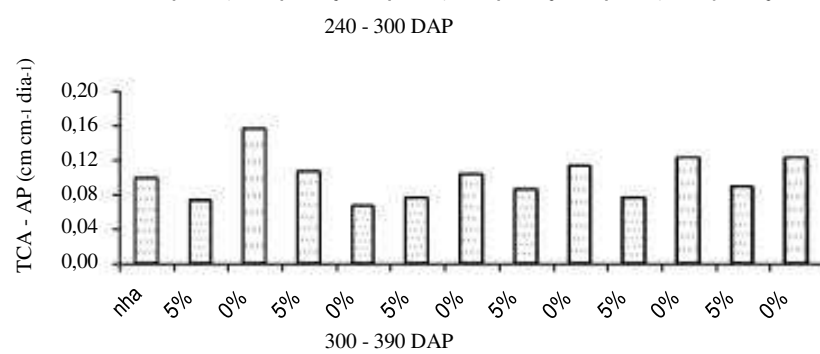
B)



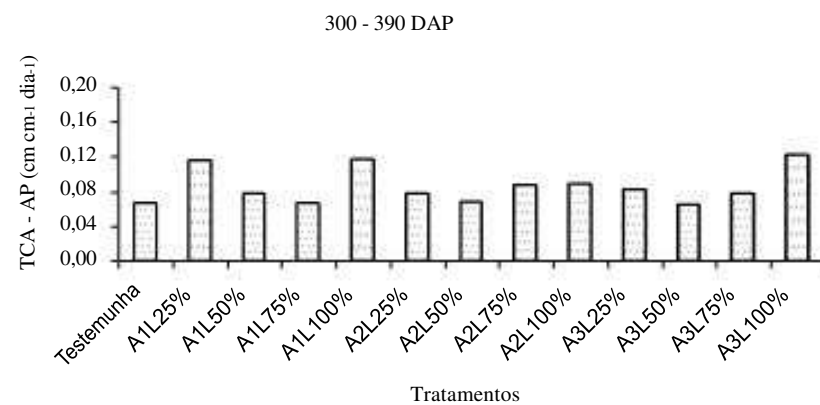
C)



D)



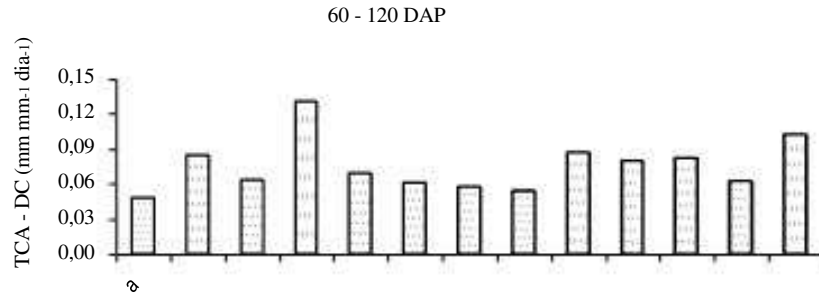
E)



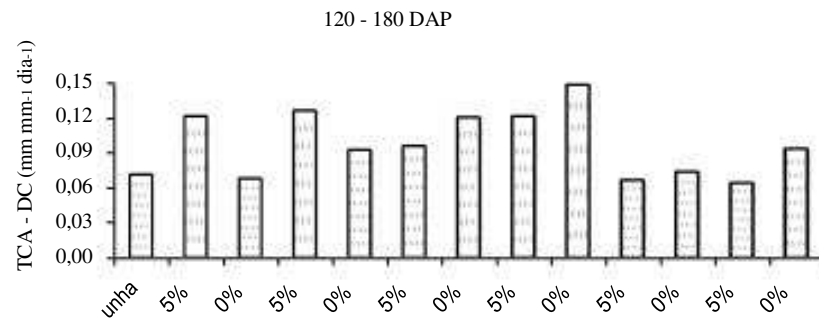
Tratamentos

Figura 10. Taxas de crescimento absoluto em altura de plantas de pinhão-mansão em função da adubação orgânica e de irrigação com águas residuárias.

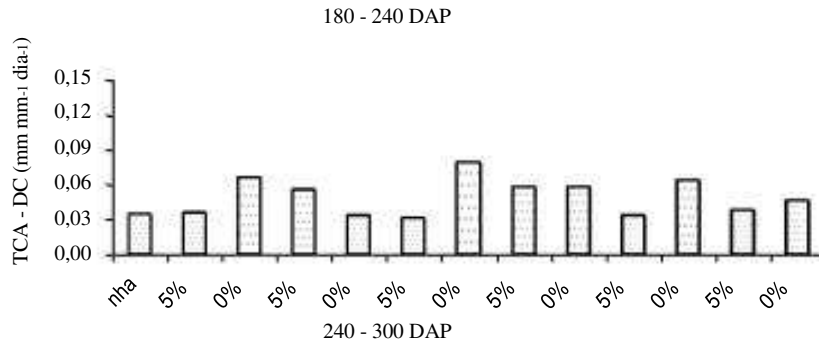
A)



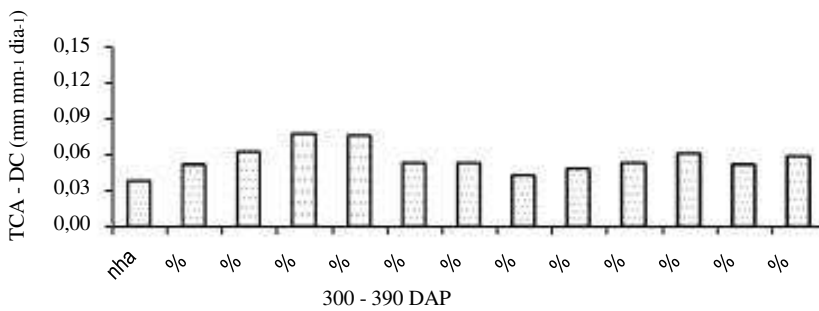
B)



C)



D)



E)

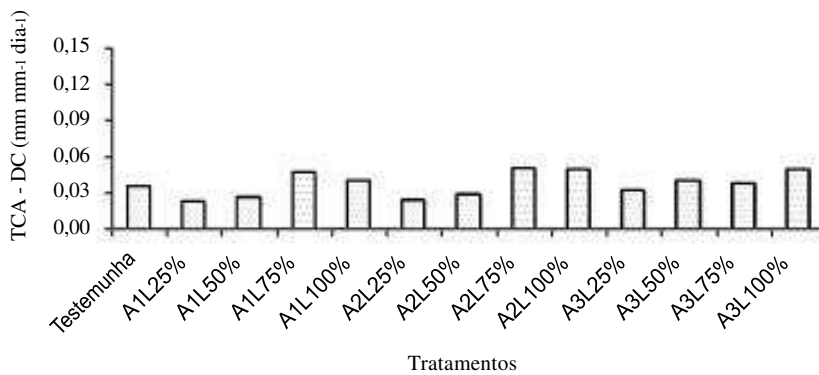


Figura 11. Taxas de crescimento absoluto em diâmetro do caule de pinhão-mansão em função da adubação orgânica e de irrigação com águas residuárias.

5.2 - VARIÁVEIS DE PRODUÇÃO

5.2.1 - Peso de frutos, da casca e de sementes

Verifica-se, na Tabela 22, que as doses de adubo orgânico não causaram diferença estatística significativa para as variáveis de produção do pinhão-manso (peso das sementes, dos frutos e da casca). Em função das lâminas de irrigação com água residuária, efeito significativo ($p \leq 0,01$) foi constatado para as referidas variáveis, não havendo significância para a interação entre os fatores 'Lâmina' e 'Adubação' (Tabela 22). Nesse sentido constatase, por esta análise, que a influência dos níveis de reposição hídrica com água residuária independe da quantidade de adubo orgânico utilizado no pinhão-manso.

Ainda em relação aos dados apresentados na Tabela 22, apesar de não se constatar diferença significativa entre as médias das três doses de adubação orgânica com esterco bovino, é possível perceber aumento pouco expressivo nos pesos de casca e peso de frutos devido ao aumento das doses de adubação. Nesse aspecto, as variações encontradas foram de em que essas médias variaram de 957,49 a 974,60 g (peso de casca); de 2339 a 2397,2 g (peso de frutos); e de 1408,26 a 1424,05 g (peso de sementes). Ressalte-se que apesar de não ocorrer efeito significativo com a adubação, o aumento no peso do fruto contribui para o aumento do teor de óleo por planta.

Segundo Peixoto (op. cit.), o pinhão-manso produz uma média de 2,75 sementes/fruto e do peso total dos frutos, 66,77% são sementes e 33,23% correspondem às cascas. Nery (2011) constatou que as cascas e bagas (sementes) representaram, respectivamente, cerca de 31% e 69% do peso total dos frutos. Na presente pesquisa, a proporção foi de 38% de casca e 62% de sementes do peso total do fruto.

Na Figura 12, ao se estudar as variáveis de produção do pinhão-manso em função da reposição da ETo com águas residuárias, nota-se que o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados obtidos foi o linear crescente nas três variáveis estudadas, em que o aumento na disponibilidade hídrica proporcionou acréscimo nas médias destas variáveis, independentemente da quantidade de adubo orgânico utilizada na fundação. Conforme estudo de regressão na Figura 11A, o acréscimo unitário na porcentagem de reposição da ETo com água residuária promoveu incremento de aproximadamente 1,7% no peso da casca. No peso de fruto (Figura 11B), o encontrado foi da ordem de 1,67%, de forma semelhante ao estimado para o peso da semente (Figura 11C), que foi de 1,8%.

Ainda em relação à Figura 11, quando se analisa o acréscimo relativo total da produção em função do aumento na disponibilidade hídrica, vê-se que no nível de reposição de 100% da ETo em relação às plantas que não receberam irrigação em nenhum período, observaram-se incrementos de 63,08% (peso de casca), de 62,64% (peso de fruto) e de 64,3% para o peso de sementes. Dessa maneira, observaram-se variações de 519,99 g (L0) a 1408,448 g (L100% da ETo) para o peso de casca; de 1283,133 g (L0) a 3435,267 g (L100% da ETo) para o peso de fruto; e de 742,2513 g (L0) a 2079,581 g (L100% da ETo) para o peso de sementes. Ressalte-se que esses dados são referentes à produção acumulada durante todo o período de produção das plantas.

Nery (op. cit.) relata em seu estudo que a produção de sementes no pinhão-mansão em condições de casa de vegetação variou de 4,74 g/planta (25% ETc) a 401,20 g/planta (125% ETc), o que explica o potencial produtivo da água residuária. Na pesquisa corrente o peso médio mensal das sementes foi de 94,04 g/planta. Já Coletti et al. (2008) obtiveram, em plantas de pinhão-mansão, produtividade média mensal de 83,02 g de sementes/planta, em condições irrigadas, enquanto nas plantas não irrigadas a produtividade média foi de 63,72 g de sementes/planta. Sob irrigação com água de boa qualidade, Drumond (2007) encontraram na região de Petrolina - PE, nos nove primeiros meses de implantação da cultura, produtividade média de sementes por hectare que foram irrigadas (871 kg ha^{-1}) 3,5 vezes maior do que aquela obtida apenas com o regime normal de chuva (246 kg ha^{-1}).

Na mamoneira, oleaginosa bastante estudada em condições de irrigação, Rodrigues et al. (2009) relataram que a produção de sementes ou bagas, variável mais importante sob o ponto de vista econômico, também foi influenciada pelos níveis de reposição hídrica, ocorrendo incrementos lineares significativos com o aumento dos níveis de reposição da ETc.

Tabela 22. Resumo da análise de variância para as variáveis de produção (peso de casca, peso de frutos e peso de sementes) de pinhão-mansinho em função de adubação orgânica e irrigação com água residuária.

FV	GL	Quadrados Médios		
		Peso de casca (g)	Peso de fruto (g)	Peso de semente (g)
Bloco	4	4110,4787ns	31695,6083ns	5964,6590ns
Adubação (A)	2	1343,1387ns	36270,2166ns	3452,9366ns
Erro 1	8	11891,7331	99691,1333	21373,3524
Lâmina (L)	3	346313,7072**	2641442,7277**	653295,7730**
Interação A x L	6	10058,8962ns	133822,8611ns	20871,9413ns
Erro 2	36	7702,8698	57939,3027	13527,3526
CV1 (%)		22,01	24,24	21,34
CV2 (%)		17,71	18,48	16,98
Tratamento	12	121900,0946**	950462,1153**	230140,9159**
Testemunha vs Fatores	1	360820,3588**	2605739,6012**	669666,1507
Erro	48	8517,6243	65152,7692	15132,2400
CV (%)		19,47	20,51	18,76
FV	Estudo de Regressão			
	Peso de casca (g)	Peso de fruto (g)	Peso de semente (g)	
Lâminas (% da ETo)		Quadrados Médios		
Reg. Linear	998615,0614**	7633670,0833**	1895008,2600**	
Reg. Quadrática	29148,7816ns	125218,0166ns	45140,4538ns	
Desvio	11177,2785ns	165440,0833ns	19738,6052ns	
		Médias/Lâminas		
25%ETo	294,32	754,66	411,07	
50%ETo	478,21	1259,00	657,33	
75%ETo	556,97	1437,13	767,62	
100%ETo	652,70	1758,73	904,16	
Adubação Orgânica		Médias/Adubação		
5 L/planta	491,58 a	1260,35 a	679,37 a	
10 L/planta	504,97 a	1345,50 a	700,07 a	
15 L/planta	490,10 a	1301,30 a	675,69 a	
d.m.s (5%)	98,65	285,64	132,26	

ns: não significativo; **: Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade e CV: coeficiente de variação

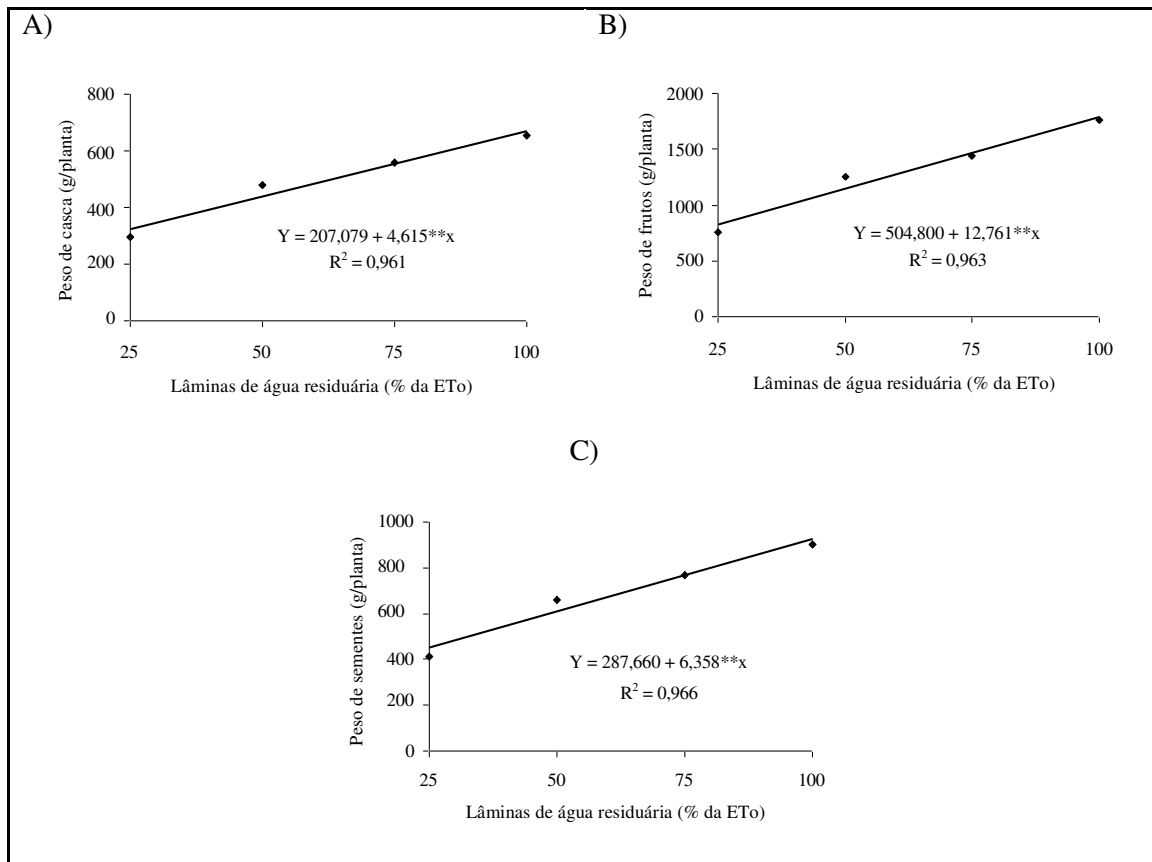


Figura 12. Análise de regressão para o peso de casca (A), peso de frutos (B) e peso de sementes (C), expressos em g por planta de pinhão-manso em função da reposição hídrica com de água residuária.

Verificou-se, conforme apresentado na Figura 12, que no contraste da testemunha como tratamento A1L25%, no peso do fruto, casca e semente não houve efeitos significativos em nenhum das variáveis estudadas. Foi constatado também que os maiores índices de peso do fruto, casca e sementes foram atingidos com o fator A3L100%, sendo o mesmo significativo quando comparado ao tratamento adicional(testemunha).

Coletti et al. (op. cit.) obtiveram, em plantas de pinhão-manso, produtividade média de 83,02 gramas de sementes/planta, em condições irrigadas, enquanto nas plantas não irrigadas a produtividade média foi de 63,72 gramas de sementes/planta.

Medeiros (2012) verificou que a água residuária teve influência no peso das sementes, bem como nas demais variáveis analisadas, tendo em vista que plantas irrigadas com níveis de 100% de água têm sementes e frutos com pesos semelhantes. Entretanto, plantas com maior restrição hídrica (50%) têm médias significativamente inferiores.

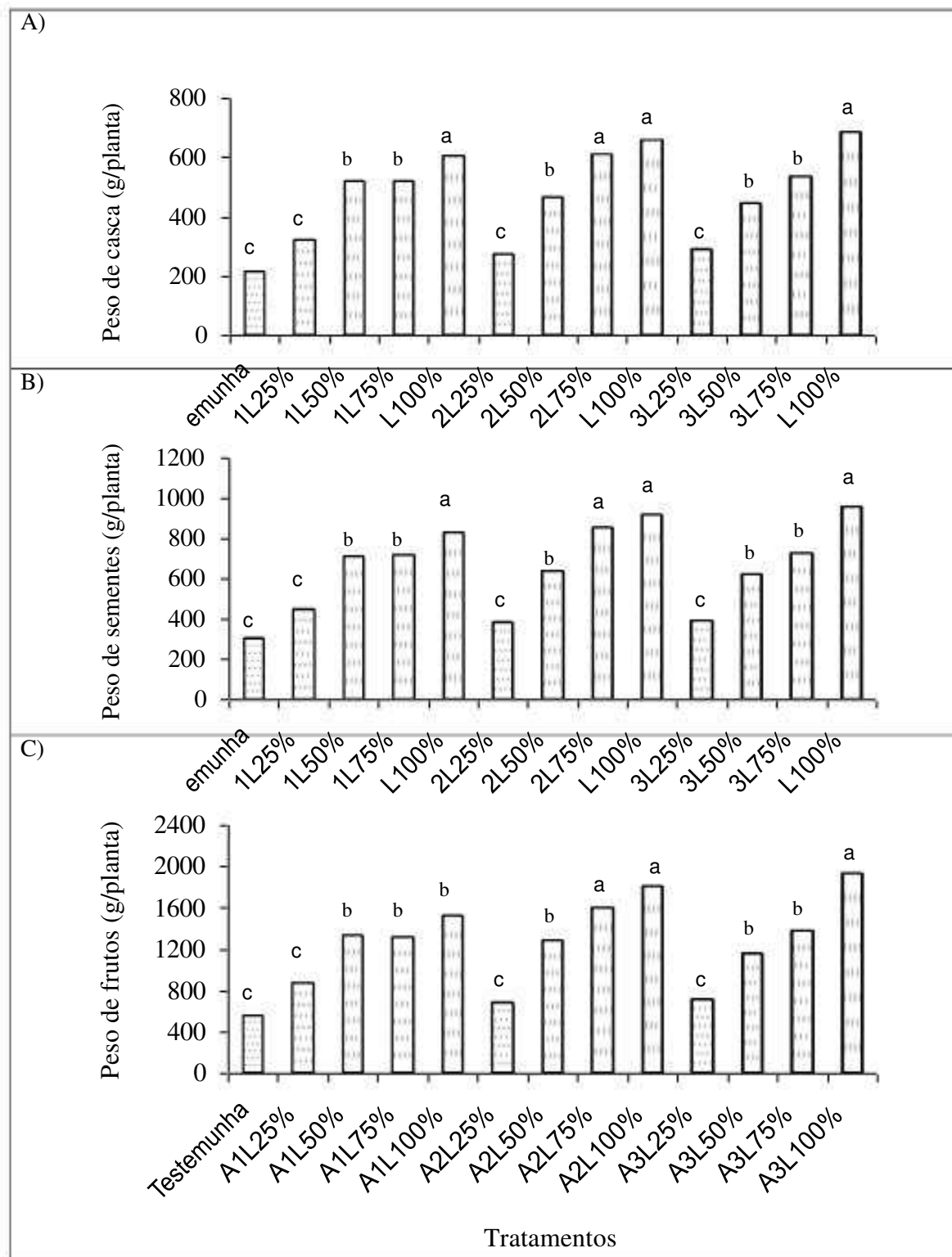


Figura 13. Médias para Peso de Fruto, Casca e sementes de pinhão-mansô em diferentes épocas de avaliação para os tratamentos testados e para o tratamento adicional (testemunha)

5.2.2 - Teor de óleo das sementes

Na Tabela 23 estão dados de atributos físicos e químicos do óleo de pinhão-mansão, obtidos de sementes colhidas, segundo procedimentos já descritos na metodologia. Foram constatados teores de óleo de 34,1% e 33,8% em sementes das plantas sem irrigação e nas irrigadas com águas residuárias, respectivamente. Os valores são muito aproximados, portanto, sem diferença na concentração de óleo, uma evidência de não haver influência dos tratamentos sobre essa variável. Os valores estão dentro da faixa de 30 a 40% divulgada por King et al. (op. cit.) e Mukherjee et al. (op. cit.), como padrões para o pinhão-mansão.

Ainda relacionado aos teores dos ácidos graxos (Tabela 23), verifica-se ser alto o teor de ácido linoleico (36,2% e 35,6%), no grupo dos glicerídeos, um dos pontos negativos do óleo de *Jatropha* como biodiesel, por resultar, geralmente, na formação de reações de polimerização, dificultando a sua queima total na câmara de combustão de motores. Vale ressaltar que em uma investigação envolvendo óleo de 14 espécies vegetais, Melo (2010) registrou valor mais alto de ácido linoleico em pinhão-mansão, da ordem de 36,67%.

Voltando a enfatizar as vantagens do óleo de pinhão-mansão, um dos pontos interessantes é a preservação das sementes, mesmo em períodos longos de armazenamento, possibilitando o seu processamento em períodos mais longos. Devido a essa estabilidade, é pequena a variação de acidez, inclusive em períodos mais longos, bem diferente de outras euforbiáceas, como dendê ou macaúba (MELO, op. cit.).

Índice de acidez

Segundo Ribeiro & Seravalli (2004), o índice de acidez é importante para se avaliar o estado de conservação do óleo, relacionado diretamente à natureza e qualidade da matéria prima e ao grau de pureza do óleo. Aumento da acidez de óleo é decorrente de decomposição dos glicerídeos, formando ácidos graxos livres, sendo a acidez acelerada por aumento da temperatura e presença de luz, resultando em rancificação.

Nesta pesquisa (Tabela 23) registraram-se valores de acidez de 0,89 e 0,91 mg de KOH / grama, valores aproximados ao do padrão para pinhão-mansão, que é de 0,96 (FCETEC, 1983; KNOTHE et al., 2007). Melo (op. cit.), trabalhando com sementes provenientes de 14 espécies, encontrou valor de 0,98 mg KOH g⁻¹, para o índice de acidez de pinhão-mansão, estando entre os óleos com menores valores de IA, superando apenas macaúba, moringa e uva.

Para Angelucci et al. (1987), quando aumenta o teor de acidez de um óleo bruto, a perda de neutralização é também aumentada, um indicativo de diminuição da qualidade das sementes ou de condições insatisfatórias de manuseio e de armazenamento do material, ou de um processamento insatisfatório.

Santos et al. (2001) discutem critérios de qualidade de óleos, classificando-os como do tipo 1, aqueles com acidez inferior a 1% e como tipo 3 quando o teor de óleo for de 2,5%, no máximo. Os valores obtidos neste trabalho, portanto, estão dentro do padrão de óleos do tipo 1.

Vale ser ressaltada que a acidez livre de uma gordura não é uma característica, nem é um valor constante. Ao contrário, resulta da hidrólise parcial dos glicerídeos, relacionada diretamente com a natureza e a qualidade da matéria-prima, com a qualidade e o grau de pureza da gordura, com o processamento e com as condições de conservação da gordura (MORETTO & FETT, 1998).

Tabela 23 - Atributos físicos e químicos do óleo de pinhão-manso

Atributos	Unidade	Valores	
		Testemunha	Com águas residuárias
Índice de acidez	mg KOH / g	0,89	0,91
Índice de Iodo	gramas de I ₂ /100 g	96,8	97,0
Índice de Saponificação	mg KOH / g	177,5	178,0
Índice de Peróxidos	meq kg ⁻¹	9,5	9,2
Índice de refração		1,468	1,455
Massa específica a 20%	kg m ⁻³	882,0	881,4
Viscosidade cinemática a 40 °C	cSt	30,01	30,02
Estabilidade térmica e oxidativa	hora	12,31	12,25
Tempo de indução oxidativa (OIT)	hora	0,45	0,46
Ponto de fulgor	°C	125,4	125,3
Teor em óleo	%	34,1	33,8
Ácidos graxos: Palmítico	%	15,8	16,1
Palmitoleico	%	1,0	0,9
Esteárico	%	6,7	6,9
Oleico	%	39,7	39,8
Linoleico	%	36,2	35,6
Linolênico	%	0,4	0,4

Índice de Iodo

É o número de gramas de iodo absorvido por 100 g do óleo. É um indicativo do grau de insaturação das gorduras extraídas com éter ou, ainda, mede o grau de insaturação dos

ácidos graxos presentes na gordura (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). Deve-se considerar que quanto maior for a insaturação de um ácido graxo, maior será a incorporação de Iodo e, como consequência, maior será o índice de Iodo (MORETTO & FETT, op. cit.).

Sob determinadas condições, o iodo pode ser quantitativamente introduzido nas duplas ligações dos ácidos graxos insaturados e triglicerídeos, razão por que, quanto maior a insaturação de um ácido graxo, maior será a sua capacidade de absorção de iodo e, conseqüentemente, maior também será o índice.

Os valores obtidos neste trabalho (96,8 e 97,0 g Iodo por 100 g) são similares aos relatados por FCETEC (op. cit.) e Knothe et al. (op. cit.), como padrão do Índice de Iodo em óleo de pinhão-manso; portanto, não houve influência dos tratamentos sobre as duplas ligações dos ácidos graxos insaturados e dos triglicerídeos.

Índice de saponificação

O índice de saponificação é definido como o peso de hidróxido de potássio (KOH) necessário para saponificar os ácidos graxos, por hidrólise de um grama da amostra. É inversamente proporcional ao peso molecular médio dos ácidos graxos dos triglicerídeos presentes (MORETTO et al., 1998). Quanto menor o peso molecular do ácido graxo, tanto maior será o índice de saponificação (MORETTO & FETT, op. cit.). Conforme Ribeiro & Seravalli (2004), a reação de saponificação pode estabelecer o grau de deterioração e de estabilidade, bem como é utilizado para verificar se as propriedades dos óleos estão de acordo com as especificações e identificar possíveis fraudes e adulterações.

Na literatura há referências (FCETEC, op. cit.; KNOTHE et al., op. cit.) contendo informações sobre índice de saponificação do óleo de pinhão-manso, variando os entre 139 e 177, dependendo das condições de cultivo das plantas. Os valores registrados neste trabalho - 177,5 e 178,0 mg KOH g⁻¹ - são muito próximos aos já registrados na literatura.

Segundo o padrão britânico (FREIRE, 2001), o óleo de primeira qualidade deve apresentar um índice de saponificação entre 177 a 187 mg KOH/g. A título de comparação, no óleo de mamona foram encontrados valores variando em torno de uma média de 180 mg KOH/g (CHIERICE & CLARO NETO, 2001). Esta determinação é útil para a verificação do peso molecular médio da gordura e da adulteração por outros óleos com índice de saponificação bem diferentes, mas vale ser ressaltado que o índice de saponificação não serve para identificar um óleo, pela possibilidade de ocorrerem mudanças durante o tempo, dependendo das condições de armazenamento (CECCHI, 2003).

Comparado ao óleo de soja, mamona e óleo de palma, o óleo de *Jatropha curcas* tem uma boa estabilidade à oxidação, baixa viscosidade e baixo ponto de fluidez. Esses índices são próximos aos do diesel fóssil satisfazendo inclusive os padrões americanos e europeus (CARELS, 2009; KING et al. op. cit.; MUKHERJEE et al. op. cit.).

Índice de peróxidos

Por meio deste índice, avalia-se o estado de oxidação de óleos e gorduras (CECCHI, op. cit.). O valor do índice de peróxidos não deve superar 10 meq/1000 g da amostra do óleo e quando isso acontece, é sinal de deterioração oxidativa (MALACRIDA, 2003). Neste trabalho com pinhão-manso foram constatados valores de 9,5 e 9,2 meq/1000 g, um bom indicativo da qualidade do óleo das sementes colhidas nesta pesquisa. Na internet há uma citação de 9,98 para o índice de peróxido de pinhão-manso (PINHAOMANSO, 2005).

Índice de refração

Este índice é útil para o controle dos processos de hidrogenação de óleos e de gorduras; ambos têm valores diferentes de refringência e, de acordo com sua natureza, desviam os raios luminosos incidentes sobre ele com maior ou menor intensidade. Segundo Moretto & Fett (op. cit.), o índice de refração de um lipídeo aumenta com o comprimento da cadeia hidrocarbonada e com o grau de insaturação dos ácidos graxos constituintes dos triglicerídeos.

Foram obtidos valores de 1,468 e 1,455 de refração no óleo de pinhão-manso deste trabalho, similar aos dados obtidos em mamona (índice entre 1,447 e 1,478 encontrado por COSTA et al., 2004; 1,479 obtido por PONS et al., 2000)

Estabilidade térmica e oxidativa - Tempo de indução oxidativa

Em sementes das plantas irrigadas com águas residuárias, foi encontrado o valor de 12,25 horas para o parâmetro Estabilidade térmica e oxidativa, em óleo de pinhão-manso (Tabela 23), sendo mais alto o valor obtido nas sementes das plantas testemunhas (12,31 horas). Estes valores são similares ao divulgado pela FCETEC (op. cit.), da ordem de 12,36 horas, em óleos dessa mesma espécie. São maiores (superiores a 24 horas) os valores relatados pela mesma Fundação, em babaçu, buriti, andiroba, macaúba e crambe.

O tempo de indução oxidativa (OIT) ficou em 0,45 e 0,46 h, mesmo valor informado pela FCETEC (op. cit.) em pinhão-manso e inferior ao valor de 10,0 h em babaçu, 3,84 h em buriti, 1,73 h em macaúba e moringa e 1,19 h em andiroba.

Obtenção de biodiesel

Seguindo-se os procedimentos metodológicos já descritos, após a reação de transesterificação procedeu-se à separação do glicerol do biodiesel, por decantação (tempo de 2 horas). Separou-se, também, o excesso de álcool por destilação, fazendo-se a purificação do biodiesel por lavagem com água destilada e deionizada visando à remoção de resíduos de materiais (catalizador, sabão, sais, álcool e glicerina), processando-se a sua análise, cujos dados estão na Tabela 24.

Tabela 24 - Atributos energéticos do biodiesel obtido com o óleo de pinhão-manso

Atributo	Norma	Unidade	Valor obtido	
			Testemunha	Com água residuária
Massa específica a 20 °C	ASTM D 4052	kg m ⁻³	852,2	858,4
Viscosidade cinemática a 40 °C	ASTM D 445	cSt	4,1	4,3
Ponto de fulgor	ASTM D 93	°C	128	126
Índice de acidez	ASTM D 664	mg KOH g ⁻¹	0,89	0,92

Legenda: ASTM - American Society of Testing and Materials; cSt - Centistokes (0,01 St = 1 mm² s⁻¹)

Pelos dados contidos nessa tabela, nota-se que os valores de Massa específica (852,2 e 858,4 kg m⁻³) e de Viscosidade cinemática (4,1 e 4,3 cSt) atendem às especificações da

Agência Nacional de Petróleo para óleo diesel mineral, cujos valores exigidos na Portaria ANP N° 42/2004 devem estar na 820 - 880 e 2,5 - 5,5, respectivamente.

Especificamente para biodiesel (B₁₀₀), na mesma Portaria da ANP é exigido que o Ponto de fulgor seja ≥ 100 °C e que o Índice de acidez seja $\leq 0,80$ mg KOH g⁻¹. Os valores de acidez, neste trabalho, estão 9 e 11 centésimos superiores aos padrões da ANP, em sementes colhidas na testemunha e nas parcelas irrigadas com águas residuárias, respectivamente. Em geral, os índices atendem às exigências da ANP, mesmo sendo proveniente de plantas irrigadas com águas residuárias.

5.3 - TROCAS GASOSAS

Tabela 25- Médias para as variáveis de trocas gasosas: Fotossíntese Líquida (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), Condutância Estomática (gs) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), Transpiração(E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), Concentração Interna de CO₂ (Ci) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), Eficiência Instantânea do Uso da Água (A/E-EiUA) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})$], Eficiência instantânea da Carboxilação (A/Ci-EiC) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\mu\text{mol mol}^{-1})$].

TRATAMENTOS	A	gs	E	Ci	A/E(EiUA)	A/Ci(EiC)
Testemunha	0,92	0,00	0,10	92,00	9,20	0,01
A1 L1	0,58	0,01	0,21	277,00	2,75	0,002
A1 L2	6,44	0,08	1,16	201,50	5,45	0,03
A1 L3	3,13	0,03	0,52	166,50	6,05	0,02
A1 L4	4,29	0,02	0,38	78,00	11,17	0,07
A2 L1	0,67	0,01	0,16	194,00	5,22	0,002
A2 L2	3,85	0,05	0,78	214,00	4,89	0,02
A2 L3	3,22	0,03	0,62	178,50	5,23	0,02
A2 L4	8,17	0,08	1,51	184,50	5,41	0,04
A3 L1	0,06	0,00	0,04	369,00	1,43	0,01
A3 L2	7,15	0,06	1,26	147,50	5,70	0,05
A3 L3	4,82	0,06	0,84	174,00	5,15	0,03
A3 L4	8,95	0,09	1,60	171,00	5,53	0,05

A=Adubação (A1: 5; A2:10 e A3: 15 L/planta) L=Lâminas (L1:25; L2:50; L3:75 e L4:100%Ëto).

Na Tabela 25, está disposto o resultado da avaliação de trocas gasosas realizada aos 150 DAT nas plantas de pinhão-manso em função dos tratamentos testados. Para essa avaliação, os dados se referem à média de duas leituras por planta em cada tratamento nas três repetições, não sendo possível realizar análise estatística devido à natureza dos dados e às variações ocorridas em função do tempo médio de avaliação e por haver plantas com estômatos fechados.

Em geral, por meio das médias observadas, percebe-se que, independentemente das doses de adubação orgânica testadas, houve tendência de melhoria nas trocas gasosas das plantas com maior disponibilidade de água no solo devido ao aumento dos níveis de reposição hídrica com águas residuárias. Percebe-se limitação na abertura estomática das plantas (gs), com ocorrência, inclusive, de estômatos fechados (gs = 0,00) nas plantas que não foram irrigadas (Testemunha) e nas lâminas correspondentes a 25% da ETo (L1). Contudo, nessa condição ainda houve atividade fotossintética, mesmo com moderadas taxas de fotossíntese líquida (A) o que denota aspecto relevante de resistência à seca na cultura do pinhão manso.

Em condições de déficit hídrico, considera-se o fechamento parcial ou total dos estômatos uma estratégia para evitar desidratação excessiva ou uma consequência de desbalanço hídrico na epiderme das folhas, mecanismo que leva à redução do crescimento e da produção com a continuidade do estresse (RIBEIRO et al., op. cit., MACHADO et al., 2010). No presente estudo, a restrição hídrica submetida às plantas associada às altas temperaturas podem explicar tal comportamento nas plantas.

Na relação A/E, a qual relaciona a quantidade de carbono que a planta fixa por cada unidade de água que se perde nesse processo (TAIZ e ZEIGER, 2009), é importante destacar que este índice é maior à medida que a planta absorve o máximo de CO₂ com o mínimo de perda de água. Pelos resultados apresentados, esse mecanismo está presente no pinhão-manso, que mesmo sob condições adversas e prejuízos a essa inter-relação devido à restrição hídrica, a assimilação de CO₂ teve maior expressão em relação às taxas mais baixas de transpiração nas folhas.

5.4 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E DO SOLO AO FINAL DA PESQUISA

Os vegetais necessitam basicamente de O₂, CO₂, água, minerais, luz e temperatura para se desenvolver, produzir e se multiplicar. Quando na ausência de algum elemento a planta não completa seu ciclo de vida, ou quando determinado elemento faz parte de alguma substância ou reação bioquímica essencial para a vida do vegetal, o mesmo pode ser considerado essencial ou indispensável à planta (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Antes do início da aplicação dos tratamentos foi feita uma análise do solo, conforme da Tabela 7 e 8 (Matériel e Métodos).

Aos 390 dias após o transplântio foi realizada a análise da fertilidade do solo na profundidade de 0 - 20 cm, com o objetivo de avaliar os impactos causados pela aplicação de água residuária no solo.

Na Tabela 26, está o resumo das características químicas do solo no início e ao final do experimento, podendo-se observar que, nesse último estágio, houve um aumento nas concentrações de Ca, Mg, K e Na. Já o teor de N foi reduzido mesmo com a aplicação do adubo orgânico. Observou-se também a ausência de sulfato e do Alumínio nas duas análises. A matéria orgânica se manteve praticamente estável.

Tabela 26. Características químicas do solo antes do transplante e ao final do experimento, Fazenda Barra, município de Santa Luzia, PB

Características Químicas	Profundidade (cm)	
	ANTES	DEPOIS
pH (Estrato de Saturação)	5,62	7,33
Cond. Elétrica (mmhos/cm) (Ext. de Sat.)	0,45	1,44
Cloreto (meq L ⁻¹)	2,20	13,00
Carbonato (meq L ⁻¹)	0,00	0,0
Bicarbonato (meq L ⁻¹)	2,20	1,30
Sulfato (meq L ⁻¹)	Ausência	Ausência
Cálcio (meq L ⁻¹)	0,62	1,50
Magnésio (meq L ⁻¹)	1,25	3,25
Potássio (meq L ⁻¹)	0,42	0,44
Sódio (meq L ⁻¹)	1,91	5,90
Nitrogênio %	0,05	0,01
Alumínio (meq/100g de solo)	0,0	0,0
Matéria Orgânica %	0,86	0,87
pH (extrato da saturação)	6,62	7,33
Porcentagem de Saturação	20,00	20,00
Relação de Adsorção de Sódio	1,99	5,78
PSI	3,83	8,26
Salinidade	Não Salino	Não Salino
Classe de Solo	Normal	Normal

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade, UFCG/DEAg/CTR

6. CONCLUSÕES

Mediante os estudos realizados para a composição deste trabalho, verificamos que o aumento da adubação orgânica, sem a disponibilidade hídrica necessária às plantas, não proporciona melhorias no crescimento e produtividade do pinhão manso na região do Seridó paraibano.

No que se refere à reposição hídrica, o nível de 100% da ETo associado à adubação orgânica com 15 litros de esterco bovino por planta promovem os melhores índices em crescimento e produção do pinhão-manso. Por outro lado, sob condições de déficit hídrico, ocorre fechamento estomático das folhas da planta no Seridó paraibano.

Quanto ao uso de águas residuárias, o teor de óleo em sementes de pinhão-manso não é afetado em função deste tipo de irrigação. A qualidade do óleo nas sementes de pinhão-manso irrigado com águas residuárias atende às normas estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) quanto aos atributos físicos e químicos.

Por fim, constatamos que, em solo cultivado com pinhão-manso sob irrigação com águas residuárias, as concentrações no solo de Na, Ca, Mg e K são elevadas em relação às concentrações iniciais antes do cultivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHTEN, W. M. J. et al. A. *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass and Bionenergy*, [s.l.], v. 32, n. 12, p. 1063-1084, 2008.

ADAM S. E. Toxic effects of *Jatropha curcas* in mice. *Toxicology* 2, [s.l.], v. 2, n. 1, p. 67-76, mar. 1974.

ALBUQUERQUE, W. G. DE; FREIRE, M. A. DE O.; BELTRÃO, N. E. DE M.; AZEVEDO, C. A. V. DE. Avaliação do crescimento do pinhão-mansão em função do tempo, quando submetido a níveis de água e adubação nitrogenada. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v. 9, p. 68-73, 2009.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. *Safra evapotranspiração: Diretrizes para calcular as necessidades de água das culturas*. Roma: FAO Irrigação e Drenagem, 1998, 297p. (Livro 56).

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; MENDONÇA, E. S.; OLSZEWSKI, N. Propriedades químicas de uma terra roxa estruturada influenciada pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Campinas, n. 24, p. 609-620, 2000a.

ANGUS, J. F.; van HERWAARDEN, A. F. Increasing water use and water efficiency in dryland wheat. *Agronomy Journal*, Madison, WI, v. 93, p. 290-298, 2001.

ANYIA, A. O.; HERZOG, H. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. *European Journal of Agronomy*, [s.l.], n. 20, p. 327-339, 2004.

AOCS - American Oil Chemists Society. *Official Methods and Recommended Practices of the AOCS*. 5. ed. Champaign: AOCS, 1999.

APHA - American Public Health Association; AWWA-American Water Works Association; WEF - Water Environment Federation. Standard methods for examination of water and wastewater. 19. ed. Washington, DC: APHA, 1995. 1082p.

ARAÚJO; B.A. Recuperação de áreas degradadas por meio da composição da cobertura vegetal na microrregião do seridó paraibano. 2013. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Paraíba, CTRN.

DANTAS NETO, J.; NÓBREGAS, J.E.; MEDEIROS. K.F.; TRAJANO, E. V. A. Crescimento do Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.) irrigado com água salina em níveis diferenciados de reposição da evapotranspiração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS DE PINHÃO MANSO. 1., 2009, Brasília. Anais..., Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009. CD-Rom. 5p.

ARAÚJO, L.F.P. Reúso com lagoas de estabilização, potencialidades no Ceará. Fortaleza, SEMACE, 2000.

ARRUDA, F. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; ANDRADE, A. P. de; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L.S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curca* L.) como alternativa para o semiárido nordestino. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas, [s.l.], v.8, p.789-799, 2004.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade de água na agricultura. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999, 153p. FAO. Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado.

BARROS JÚNIOR, G. Efeito do conteúdo de água do solo, monitorado com TDR, sobre o desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamona. Campina Grande, 2007. 153f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande.

BASTOS, R.K.X. (Coord.) Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. 267p.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, n. 21, p. 105-112, 1997.

BELTRÃO, N. E. de M.; O biodiesel do óleo da mamona e a produção de fitomassa: considerações gerais e singularidade. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2008, 2p.

BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal, FUNEP, 2003. 41p.

BOUWER, H.; CHANEY, R. L. Land treatment of wastewater. *Advances in Agronomy*, [s.l.], v.26, p.133-176, 1974.

BRASIL. Ministério da Indústria e Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais. Brasília, 1985. 364 p. (Brasil. Ministério da indústria e Comércio. Documentos, 16).

CÁCERES, D.R.; PORTAS, A.A.; ABRAMIDES, J.E. Pinhão-manso. Disponível em <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_3/pinhaomanso.17_nov.2013>. Acesso em dez. 2013.

CARDOSO, E. L.; OLIVEIRA, H. Sugestões de uso e manejo dos solos do assentamento Taquaral, Corumbá- MS: Corumbá, MS. Embrapa Pantanal, 2002. 4p. (Circular Técnica) 35.

CARELS, N. *Jatropha curcas*: a review. *Adv. Bot. Res.*, [s.l.], v.50, p.39-86, 2009.

CARNIELLI, F. O combustível do futuro. Disponível em <www.ufmg.br/boletim/bul_1413>. Acesso em dez. 2013.

CASTRO, C. M; DEVIDE, A, C. P.; ANACLETO, A. H. Avaliação de acessos de Pinhão Manso em sistema de Agricultura Familiar. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*. Disponível em <www.apta.sp.gov.br>. Acesso em dez. 2013.

CECCHI, H. M. Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. 2. ed. rev. Campinas, SP: editora da UNICAMP, 2003. 207p.

CHAE, Y.M. & TABATABAI, M.A. Mineralization of nitrogen in soils amended with organic wastes. *Journal of Environmental Quality*, [s.l.], v.15, p.193-198, 1986.

COLETTI, A.J.; DALLACORT, R.; MARTINS, J.A. Número de sementes por fruto da cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). In: SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2., e MOSTRA INTERDEPARTAMENTAL DE TRABALHOS ACADÊMICOS DA UNEMAT, 4., 2008, Anais...,Tangará da Serra, p.7-98, 2008.

COSTA, M. P. da. Efeito da matéria orgânica em alguns atributos do solo. Piracicaba, 1983. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

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

DEMÉTRIO, R. Efeito da aplicação de matéria orgânica sobre a biomassa- C microbiana do solo e o crescimento e absorção de nitrogênio em milho (*Zea mays* L.). Rio de Janeiro, 1988. 89f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

DIAS, L.A.S.; LEME, L.P.; LAVIOLA, B.G.; PALLINI, A. Cultivo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.): para produção de óleo combustível. Viçosa: [s.n.], 2007. 40p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 2008. 306p. il. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DRUMOND, M. A. Produção de pinhão manso no semi árido brasileiro. Disponível em: <<http://www.cpamn.embrapa.br/agrobioenergia/trabalhos/016.PDF>>. Acesso em 10 ago. de 2013.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. Manual de métodos de análises do solo. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

ERNANI, P.R; GIANELLO, C. Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação do esterco de bovinos e de cama de aviários. Revista Brasileira de Ciências do Solo. Campinas, v. 7 ; n. 2, p. 161-165, 1983.

FARGIONE, J. et al. Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science*. [s.l.], v. 319, p. 1235-1256, 2008.

FCETEC - FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. Programa Energia: produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais. Belo Horizonte: CETECMG, 1983. 152p.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 224p.

FRANCIS, G.; EDINGER, R.; BECKER, K. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: Need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. *Natural Resources Forum*, [s.l.], v.29, p.12-24, 2009.

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F. O agronegócio da mamona no Brasil. Comunicação para transferência de tecnologia. Brasília: Embrapa, 2001. p. 295-335.

FRIZZONE, J.A. Controle de irrigação. Piracicaba, ESALQ. Departamento de Engenharia Rural, 1990. 25p.

GARCEZ, C. A. G.; VIANNA, J. N. S. Brazilian Biodiesel Policy: Social and environmental considerations of sustainability. *Energy*, [s.l.] 2009, v. 34, p. 645-654.

GERPEN, J.V. Biodiesel processing and production. *Fuel Processing Technology*, [s.l.], v.86, p.1097-1107, 2005.

HATFIELD, J. L.; SAUER, T. J.; PRUEGER, J. H. Managing soils to achieve greater water use efficiency: a review. *Agron. J.* [s.l.] n. 93, p. 271-280, 2008.

HERNANDEZ, F. B. T. Determinação do consumo de água na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) na região de Jaboticabal-SP. Jaboticabal: 1991. 77f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Prof. Julio de Mesquita Filho.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil - agricultura, indústria, municípios e recarga de aquíferos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Porto Alegre, v.7, p.75-95, 2002.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil - agricultura, indústria, municípios e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (eds). *Reúso de água*. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. SP: Manole, 2003. cap.3, p.37-95.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, v.1, 1985. 533p.

JOHNS G.G.; McCONCHIE, D.M. Irrigation of bananas with secondary treated sewage effluent. Effect on plant nutrients, additional elements and pesticide residues in plants, soil and leachate using drainage lysimeters. *Australian Journal of Agriculture Research*, Melbourne, v.45, p.1619-1638, 1994.

KING, A. J., HE, W., CUEVAS, J. A., FREUDENBERGER, M., RAMIARAMANANA, D., GRAHAM, I. A. Potential of *Jatropha curcas* as a source of renewable oil and animal feed. *J. Exp. Bot.*, [s.l.], v.60, p.2897-2905, 2009.

KOHLHEPP, G. Análise da Situação e Produção de Etanol e Biodiesel no Brasil. *Estudos Avançados*, [s.l.], v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010.

KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. *Bragantia*, [s.l.], v. 64, n. 3, p. 339-347, 2005.

KOURAA, A; FETHI. F.; FAHDE, A.; LAHLOU, A. QUAZZANI, N. Reuse of urban wastewater treated by a combined stabilization pond system in Benslimane (Morocco). *Urban water*, [s.l.], v.4, p.373-378, 2002.

LACERDA, R.D. Resposta da mamoneira BRS 188 - Paraguaçu a diferentes níveis de água e matéria orgânica no solo. Campina Grande, 2006. 70f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B.; SALOMÃO, L.C.C. & CRUZ, C.D. Acúmulo de macronutrientes em frutos de cafeeiros em viçosa-MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., Águas de Lindóia, 2007. Anais... Águas de Lindóia, 2009. CD-ROM.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, A. S., Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso, Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 32, n 5, 2010.

LEÓN SUEMATSU, G.; CAVALLINI, J.M. Tratamento e uso de águas residuárias. Tradução de GHEYI, H.R.; KONIG, A.; CABALLOS, B.S.O.; DAMASCENO, F.A.V. Campina Grande: UFPB, 1999. 109p.

LIMA JÚNIOR, L. A. de. Crescimento inicial do pinhão-manso em função de suspensões hídricas e doses de potássio. Fortaleza, 2011. 59f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará.

LYRA, R. B. a.; Efeito de substrato para produção de mudas de leucina (leucena leucocephala) em bandejas de isopor. Mossoró, 1997. 41f. Monografia (Graduação em Agronomia). Escola Superior de Agricultura de Mossoró.

MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Avaliação de um Método Simples e Econômico para a Metilação de Ácidos Graxos com Lipídios de Diversas Espécies de Peixes. Revista do Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, v. 53, n. 1/2, p. 27-35, 1993.

MASIEIRO, G; LOPES, H. Etanol e biodiesel como recursos energéticos alternativos: perspectivas da América Latina e da Ásia. Revista Brasileira de Política Internacional. [s.l.], v. 51, p. 60-79, 2008.

MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K.; SPORER, F.; WINK, M. Studies on Nutritive Potential and Toxic Constituents of Different Provenances of *Jatropha curcas*: Journal of Agriculture Food Chemistry, USA, v.45, n.8, p.3152-3157, 1997.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: Adubos e adubação. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596 p.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reúso de água. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. São Paulo: Manole, 2003.

MEDEIROS, J. F., Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados de RN, PB e CE. Campina Grande, 1992. 173f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba.

MEDEIROS, J.F.; GHEYI, H.R. A qualidade da água de irrigação. Campina Grande: UFPB, 1994. 60p.

MELI, S.; PORTO, M.; BELLIGNO, A.; BUFO, S.A.; MAZZATURA, A.; SCOPA, A. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. The Science of the Total Environment, [s.l.], v.285, p.69-77, 2002.

MELO, M. A. M. F. Avaliação das propriedades de óleos vegetais visando à produção de biodiesel. João Pessoa, 2010. 114f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal da Paraíba.

MENEZES, L. S.; CARDOSO, E. A.; PIRES, G. S.; FILHO, J. A. Efeito do substrato na produção de mudas de pinheira (*anona squamosa* L.) em bandejas de isopor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17, 2002, Belém do Pará - PA. Anais... Belém do Pará, 2002.

MONTE, H.M.; SOUZA, M.S. Effects on crops of irrigation with facultative pond effluent. Water Science and Technology, [s.l.], v.26, n.7-8, p.1603-1613, 1992.

MORETTO; E; FEET; R. Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos. São Paulo, 1998. 150 p.

NOBREGA; J. A. DA; Crescimento e produção do pinhão manso adubado e irrigado com água salina sob condições de campo. 2010. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, CTRN.

NERY; R. A; Crescimento e desenvolvimento do pinhão-manso irrigado com águas residuária e salinizada - segundo ciclo de produção. 2011. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Paraíba, CTRN.

NUVOLARI, A. Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola. Coordenação Ariovaldo Nuvolari. São Paulo: Edgard Blücher, 2003, 520p.

NUNES, C.F.; Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo em embriões de pinhão manso (*Jatropha curcas* L). Lavras, 2007. 78f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras.

OPENSHAW, K. A. Review of *Jatropha curcas*: An oil plant of unfulfilled promise. Biomass and Bioenergy, [s.l.], v. 19, p. 1-15, 2000.

PAVANI, L.C. Evapotranspiração e produtividade em feijoeiro comum (*Phaseolus Vulgaris* L. cv. Goiano Precoce) sob três níveis de potencial de água no solo. Piracicaba, 1985. 171f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

PEIXOTO, A. R. Plantas oleaginosas arbóreas. São Paulo: Nobel, 1973. 282p.

PIVELI, R.P.; DORIA, M.C. Condições Operacionais de Sistema de Tratamento de Esgotos por Lagoas de Estabilização em Lins/SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., 2003, Joinville. Anais..., Joinville: ABES, 2003. CD-ROM.

PURCINO, A. A. C.; DRUMMOND, O. A. Pinhão manso. Belo Horizonte: EPAMIG, 1986.

7p.

RAIJ, B. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Potafos, 1991. 343p.

RAVINA, I.; SHALHEVET, J. Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 224p

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. & CONTE, E. Fósforo da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, n. 24, p.589-597, 2000.

RIBEIRO, M. S. et al. Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 569-577, 2009.

RIBEIRO, M. C. C.; MARQUES, B.M.; AMARRO FILHO, J. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quatro cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.). Revista Brasileira de Sementes, [s.l.] v.23, n.1, p.281-284, 2001.

RICHARDS, L. A. Diagnostico y recuperación de suelos salinos y sódicos. México, 1954. 172p. (Manual de Agricultura, 60).

RODRIGUES, L. N. Níveis de reposição da evapotranspiração da mamoneira irrigada com água residuária. Campina Grande , 2008. 144f. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Paraíba.

RODRIGUES, L.N.; NERY, A.R.; FERNANDES, P.D.; BELTRÃO, N.E. de M.; GHEYI, H.R. Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, [s.l.], v.13, (Suplemento), p.825-835, 2009a.

RODRIGUES, L.N.; NERY, A.R.; FERNANDES, P.D.; BELTRÃO, N.E. de M. Aplicação de água residuária de esgoto doméstico e seus impactos sobre a fertilidade do solo. Revista de Biologia e Ciências da Terra, [s.l.], v.9, n.2, p.55-67, 2009b.

- ROZA, F. A. Alterações morfofisiológicas e eficiência de uso da água em plantas de *atropa curcas* L. submetidas à deficiência hídrica. Ilhéus, 2010. 67f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Santa Cruz.
- SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 17-29, 2007.
- SANTOS, R. F. dos.; BARROS, A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. de T.; REQUIÃO, L. E. G. Análise Econômica. In: AZEVEDO, D.M.P. de.; LIMA, E.F. (eds.). *O agronegócio da mamona no Brasil: EMBRAPA-SPI*, p.17-35. 2001.
- SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J. TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). In: *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, EPAMIG, v.26, n.229, p.44-78, 2005.
- SEARCHINGER, T. et al. Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science*. [s.l.], v. 319, p. 1238-1240, 2008.
- SEDIYAMA, G.C. Necessidade de água para os cultivos. Brasília, ABEAS, 1987. 143p.
- SEITER, S.; HORWATH, W. R. Estratégias para gestão matéria orgânica do solo para fornecer planos nutrição. In: Magdoff, F.; WEIL, R. R. (Ed.). *Solo: matéria orgânica na agricultura sustentável*. Londres: CR. PRESS, 2004. P.269-293.
- SILVA, M. B. R. et al. Cultivo de pinhão-manso sob condições de estresse hídrico e salino, em ambiente protegido. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 74-79, 2009.
- SILVA, M.B.R.; FERNANDES, P.D.; DANTAS NETO, J.; NERY, A.R.; RODRIGUES, L.N.; VIÉGAS, R.A. Crescimento e produção do pinhão-manso irrigado com água residuária sob condições de estresse hídrico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [s.l.], v.15, n.6, p.621-629, 2011.

SOUSA, A. P.; DANTAS NETO, J. Manejo de irrigação através do balanço de água no solo. Teresina: Embrapa - CPAMN, Documentos 23, 1997. 36p.

SOUSA, J. T.; LEITE, V. D. Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura. 2. ed. Campina Grande: EDUEP, 2003. 135p.

SMITH, C.J.; HOPMANS, P.; COOK, F.J. Accumulation of Cr, Pb, Cu, Ni, Zn and Cd in soil following irrigation with treated urban effluent in Australia. *Environmental Pollution*, [s.l.], v.94, p.317-323, 1996.

SPINELLI, V.M.; ROCHA, R.B.; RAMALHO, A.R.; MARCOLAN, A.L.; VIEIRA, J.R.; FERNANDES, C. de F.; MILITÃO, J.S.T.; DIAS, L.A. dos S. Componentes primários e secundários do rendimento de óleo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). *Ciência Rural*, [s.l.], v. 40, p. 1752-1758, 2010.

STIRPE, F; PESSION-BRIZZI, A; LORENZONI E, STROCCHI, P; MONTANARO, L and SPERTI S; Studies on the proteins from the seeds of *Croton tiglium* and of *Jatropha curcas*. Toxic properties and inhibition of protein synthesis in vitro. *Biochem J.*, v. 15; n. 156 (1), p.1-6, 1976.

TEIXEIRA L. C. Potencialidades de oleaginosas para produção de biodiesel. *Revista Informe Agropecuário*, [s.l.], v .26, p. 18-27, 2005.

TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E.K.; SOUSA, L.A.S.; RESENDE, P.L.; SILVA, N.D. Cultivo do pinhão manso para produção de biodiesel. Viçosa: Centro de Produções Técnicas - CPT, 2007. 220p.

VAZQUEZ-MONTIEL, O.; HORAN, N.J.; MARA, D.D. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. *Water Science & Technology*, [s.l.], v.33, p.355-362, 1996.

XAVIER, J.F. Águas residuárias provenientes de indústrias e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS Nordestina. Campina Grande, 2007. 101f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande.

WAYNICK, J.A. Characterization of biodiesel oxidation and oxidation products. Disponível em <<http://www.nrel.gov/vehiclesandfuels/npcf/pdfs/39096.pdf>>. Acesso em jun. 2013.

APÊNDICE
VISÃO GERAL DO
EXPERIMENTO DO PINHÃO-
MANSO



Figura 14: Visão geral do experimento do pinhão-mansão.



Figura 15: Equipe de avaliação do experimento do pinhão-mansão.