



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**ÁGUA RESIDUÁRIA, NITROGÊNIO E FÓSFORO: EFEITO NA
CULTURA DA MAMONEIRA**

Aluna: Kaline Dantas Travassos

Orientadora: Vera Lúcia Antunes de Lima

Campina Grande, PB

Mai, 2007



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

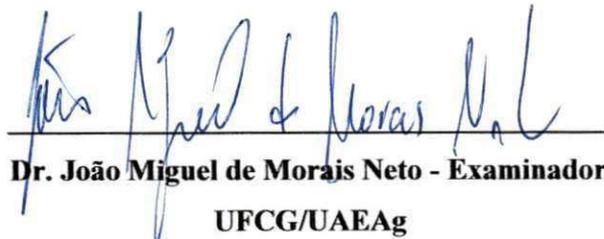
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**ÁGUA RESIDUÁRIA, NITROGÊNIO E FÓSFORO: EFEITO NA CULTURA
DA MAMONEIRA**

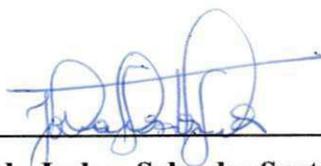
BANCA EXAMINADORA



**Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima – Orientadora
UFCG/UAEAg**



**Dr. João Miguel de Morais Neto - Examinador
UFCG/UAEAg**



**Mestranda Joelma Sales dos Santos - Examinadora
UFCG/UAEAg**

Campina Grande, PB

Maiο, 2007

9,5 (nove, cinco) -


DEDICATÓRIA

Dedico esse momento especial da minha vida, aos meus pais Jonas Ferreira Travassos e Rita Dantas Travassos (in memoriam) e meus irmãos Karine e Felipe, pelo incentivo, sempre me ajudaram e me compreenderam em todos os momentos de minha vida, pois devo principalmente esta vitória alcançada a vocês os grandes amores da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre estar do meu lado e nunca me abandonar guiando os meus passos.

A Jesus meu melhor amigo, por estar sempre em todos os momentos da minha vida, me salvou muitas vezes a vida e por isto que eu cheguei a onde estou hoje.

A meu pai Jonas por sempre me apoiar, e minha mãe Rita (*in memoriam*) que é o amor da minha vida e onde ela estiver está olhando por nós.

Aos meus irmãos Karine e Felipe meus grandes amigos que sempre me ajudaram e me compreenderam quando mais precisei amo muito vocês.

Ao meu cunhado Marcelo por sempre me ajudar todas as vezes que eu precisei.

O Srº Euclides (*in memoriam*) e Lucia por sempre me apoiarem nesta fase da minha vida.

Aos pais de todos os meus amigos que sempre me acolheram em seus lares para estudar em especial Srº Ferreira, Dona Darque, Afrânio e Dona Edina.

A todos os meus amigos, em especial a: Carol, Lidianne, Patrícia, Niedja, Riuzuani, Conceição, Karla, Denise, Eluzeny, Betânia, Soahd, Vanessa, Silvanira, Mônica, Karine, Clarise, Tamila, Lincon, Rodrigo, Helder, Luciano, Wagner, Jofran, Rafael Torres, Tião e Jamacy Júnior.

Aos meus grandes amigos que nunca vou esquecer que sempre estiveram do meu lado para me apoiar em todos os momentos da minha vida, eu amo muito vocês: Aline, Joelma, Kelly, Lis, Paula, Silvana, Socorro, Débora, Thais, Marcelo, Wendel e Marcelino (*in memoriam*).

Aos professores da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, em especial, a minha orientadora que sempre se preocupou comigo e uma amiga de todas as horas Vera Lúcia Antunes de Lima aos meus amados mestres Professor Dr Hamilton Medeiros de Azevedo, Geraldo de Vasconcelos Baracuhy, João Miguel de Moraes Neto, Jógerson Pinto Gomes Pereira, aos professores da Unidade Acadêmica de outros cursos Carlos Fernandes de Medeiros Filho, Ivanildo Fernandes Araújo, Janiro Costa Rego pela força maior, principalmente nos momentos de dificuldades, pela confiança dada e pelo aprendizado fornecido a cada dia.

Ao Professor e Coordenador da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola Juarez Paz Pedrosa, pela força competência e por todo o apoio.

A amiga e Secretária da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Aldaniza pelas palavras de força e incentivo durante essa caminhada.

A todos os funcionários do laboratório de salinidade em especial aos meus amigos Wilson e Doutor, obrigada por sempre me ajudaram.

A todos que de certa forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

INDICE

1.0. INTRODUÇÃO	1
2.0. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivos Gerais	4
2.2. Objetivos Específicos	4
3.0. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1. Mamona	5
3.1.1. História (Origem)	5
3.1.2. Importância Sócio-econômica	5
3.1.3. Ricinoquímica	6
3.1.4. Biodiesel	7
3.1.5. Importância Agronômica	7
3.1.6. Situação do Brasil	8
3.1.7. Potencial Nordestino para Produção de Mamona	9
3.2. Águas Residuárias	10
3.2.1. Considerações Gerais	10
3.2.2. Origem e Composição das Águas Residuárias	11
3.2.3. Tratamento das Águas Residuárias	12
3.2.4. Aspectos Sanitários do Uso de Águas Residuárias na Irrigação	13
3.2.5. Reúso de Águas	14
3.2.6. Reúso na Agricultura	15
3.2.7. Qualidade de Águas para a Agricultura	17
4.0. MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1. Localização do experimento	18
4.2. Estação de tratamento de esgoto	18
4.3. Delineamento experimental	19
4.4. Descrição dos trabalhos de campo	21
4.4.1. Instalação do sistema de irrigação	21
4.4.2. Condução do experimento	22
4.4.3. Variáveis analisadas	23
5.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1. Variável altura da planta	26
5.2. Variável diâmetro caulinar da planta	30
6.0. CONCLUSÕES	36
7.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Emissário e lagoas de estabilização da estação de tratamento de esgotos (ETE) de Campina Grande – PB _____	19
Figura 2. Captação do efluente final das lagoas de estabilização usado no experimento, ETE de Campina Grande _____	19
Figura 3. Croqui da área experimental com a disposição das parcelas e respectivos tratamentos e tipos de água de irrigação _____	20
Figura 4. Sistema de armazenamento, filtração e distribuição de água _____	22
Figura 5. Cabeçal de controle composto por filtro de areia, motobomba, filtro de disco, filtros de tela e manômetros analógicos _____	22
Figura 6. Croqui da área experimental _____	25
Figura 7. Altura das plantas x lâminas para a 1ª leitura _____	27
Figura 8. Altura das plantas x lâminas para a 2ª leitura _____	28
Figura 9. Altura das plantas x lâminas para a 3ª leitura _____	28
Figura 10. Altura das plantas com fósforo x adubação na 1ª leitura _____	29
Figura 11. Altura das plantas com fósforo x adubação na 2ª leitura _____	30
Figura 12. Altura das plantas com fósforo x adubação na 3ª leitura _____	30
Figura 13. Diâmetro caulinar x lâminas na 1ª leitura _____	32
Figura 14. Diâmetro caulinar x lâminas na 2ª leitura _____	32
Figura 15. Diâmetro caulinar x lâminas na 3ª leitura _____	33
Figura 16. Diâmetro caulinar com fósforo x adubação na 1ª leitura _____	34
Figura 17. Diâmetro caulinar com fósforo x adubação na 2ª leitura _____	34
Figura 18. Diâmetro caulinar com fósforo x adubação na 3ª leitura _____	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química da água de abastecimento e da água residuária _____	21
Tabela 2. Resumo da análise de variância para a variável altura da planta para as lâminas aplicadas versus os tratamentos aplicados na Hibrido Lyra _____	26
Tabela 3. Resumo das médias para leituras a variável altura para as lâminas aplicadas no Hibrido Lyra _____	26
Tabela 4. Médias das alturas para a adubação fosfatada _____	28
Tabela 5. Médias das alturas para a adubação nitrogenada _____	29
Tabela 6. Resumo da análise de variância para o diâmetro do caulinar da planta para as lâminas aplicadas versus os tratamentos aplicados na Hibrido Lyra _____	32
Tabela 7. Médias das lâminas para o diâmetro _____	32
Tabela 8. Médias dos diâmetros para a adubação fosfatada _____	34
Tabela 9. Médias dos diâmetros para a adubação nitrogenada _____	34

1.0. INTRODUÇÃO

A poluição das águas vem ocorrendo devido ao crescimento desordenado das grandes cidades, juntamente com a imensa expansão das atividades industriais. Com o crescimento populacional, conseqüentemente aumenta a demanda de alimentos, isto vem implicando em um maior consumo de agrotóxicos, fertilizantes e geração de resíduos. Frequentemente o destino final destes resíduos é o ambiente aquático, provocando a deterioração das reservas naturais de água.

Os esgotos domésticos provêm, principalmente, de residências e de edificações públicas e comerciais que concentram aparelhos sanitários, lavanderias e cozinhas. Apesar de variarem em função das condições socioeconômicas das populações, do clima e dos hábitos, os esgotos domésticos têm características bem definidas e compõem-se, basicamente, das águas de banho, urina, fezes, restos de comida, sabões, detergentes e águas de lavagem (VON SPERLING, 1996; BRAGA et al., 2002).

Segundo Von Sperling (1996), as águas residuárias domésticas contêm aproximadamente 99,9% de águas. A fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Portanto, é devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos.

Atualmente, mais de um terço do planeta se encontra em situação de escassez quantitativa e qualitativa de recursos hídricos, obrigando a priorização do uso das águas superficiais para o abastecimento público e geração de energia elétrica, surgindo então a necessidade de implementação de sistemas que visem reaproveitar as águas residuárias tratadas (LEÓN e CAVALLINI, 1999; BRITO e TINOCO, 2000).

Existem restrições ou riscos potenciais que devem ser considerados no uso das águas residuárias na agricultura, embora importantes vantagens justifiquem sua existência. A contaminação microbiológica dos produtos, a bioacumulação de elementos tóxicos, a salinização, impermeabilidade do solo e o desequilíbrio de nutrientes no solo, são riscos que podem ser reduzidos significativamente pelo tratamento dos esgotos e também com diversas estratégias de manejo agrícola. (LEÓN e CAVALLINI, 1999).

Para uma melhor proteção da saúde pública é primordial o tratamento adequado das águas residuárias, pois os esgotos podem contaminar a água, os alimentos, os utensílios domésticos, as mãos, o solo ou serem transportados por vetores, como moscas e baratas, provocando novas infecções. (HESPANHOL, 2003b).

Outra importante razão para tratar as águas residuárias é a preservação do meio ambiente, já que a matéria orgânica pode ocasionar a exaustão do oxigênio dissolvido, causando morte de peixes e outros organismos aquáticos, além do escurecimento da água e aparecimento de maus odores; é possível que os detergentes presentes nas águas residuárias provoquem a formação de espumas em pontos de agitação da massa líquida; os defensivos agrícolas podem determinar a morte de peixes e outros animais. Os nutrientes exercem uma forte “adubação” da água, provocando o crescimento acelerado de vegetais microscópios que conferem odor e gosto desagradáveis (HESPANHOL, 2003b).

A facilidade de propagação da mamona e de adaptação em diferentes condições climáticas propiciou a mamona ser encontrada ou cultivada nas mais variadas regiões do mundo, como no norte dos Estados Unidos da América e Escócia. No Brasil a mamona foi trazida pelos portugueses com a finalidade de utilizar seu óleo para iluminação e lubrificação dos eixos das carroças as engrenagens e os mancais dos inúmeros engenhos de cana-de-açúcar (BIODIESELBR, 2007). E hoje é muito utilizada para lubrificantes de turbina, fluido hidráulico, biomedicina, filtros industriais, detergentes, tintas, fungicidas, bactericidas e fios (SAVY FILHO et al., 1999; BELTRÃO e SILVA, 1999).

O Brasil já foi maior produtor mundial de mamona (573 mil toneladas em 1974) e maior exportador do seu óleo (há algumas décadas); em 1996 a produção nacional foi de 122 mil toneladas. No Nordeste semi-árido brasileiro concentra-se oitenta por cento da produção nacional (80%). (SEAGRI.BA, 2007)

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) como cultura industrial, cujos produtos e co-produtos não são diretamente usados na alimentação humana, constitui-se em grande potencial para a sua exploração com uso de esgoto tratado. Segundo Azevedo et al. (2001), trata-se de uma cultura, com características de resistência à seca e exigente em calor e luminosidade, como também é fixadora de mão-de-obra, explorada tanto pelo pequeno como pelo grande produtor, geradora de emprego no campo e de matéria-prima para a obtenção de produtos necessários ao desenvolvimento da indústria nacional.

A mamona é uma das culturas eleitas por programas Federal e Estadual para fornecer matéria-prima para a produção do biodiesel (combustível produzido a partir de fontes totalmente renováveis), um biocombustível, apontado com o renovável e menos poluente que o seu concorrente fóssil, o diesel.

Sentindo a necessidade de preservar os mananciais de água e de pensar em um melhor destino as águas residuárias, este trabalho se propõe a realizar o

acompanhamento de uma instalação de um sistema de irrigação por gotejamento e implantação da cultura da mamona (*Ricinus communis* L.) visando avaliar os efeitos do nitrogênio e do fósforo e de diferentes lâminas de irrigação com água residuária tratada no crescimento inicial desta cultura.

2.0. Objetivo Geral

Acompanhar instalação de um sistema de irrigação por gotejamento e implantação da cultura da mamona (*Ricinus communis* L.) visando avaliar os efeitos do nitrogênio e do fósforo e de diferentes lâminas de irrigação com água residuária tratada no crescimento inicial desta cultura.

2.1 Objetivos Específicos

- ✓ Determinar a altura das plantas adubadas com nitrogênio e fósforo irrigados com diferentes lâminas de água residuária;
- ✓ Determinar o diâmetro da mamoneira adubada com nitrogênio e fósforo irrigados com diferentes lâminas de água residuária;
- ✓ Comparar os efeitos dos tratamentos com presença e ausência das adubações de nitrogênio e fósforo.

OK

3.0. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Mamona

3.1.1. História (Origem)

A origem da mamona (*Ricinus communis* L.) não é bem definida e uma das razões é a facilidade e rapidez com que se torna estabelecida como planta asselvajada (Weiss, 1983; Júnior, 1986), no entanto, tudo leva a crer que ela seja indígena do oeste da África e que, provavelmente, originou-se na antiga Abissia, hoje Etiópia (BELTRÃO et al. 2001; CHIERICE e NETO, 2001).

No Brasil, sua introdução se deu durante a colonização portuguesa, por ocasião da vinda dos escravos africanos, associada às condições favoráveis ao seu crescimento na nova área, o que possibilitou tornar-se uma planta de grande dispersão no território nacional (MOREIRA et al. 1996).

Aqui no país, conhece-se a espécie sob denominações de mamoneira, carrapateira, palma-de-cristo, enxerida; em inglês, “castor bean” e “castor seed”, em alemão, “wunder-baun” (JÚNIOR, 1986; BELTRÃO et al. 2001).

A mamona apresenta variabilidade grande de tipos, envolvendo o porte (anão, médio, alto e gigante), a coloração do caule, folhas e inflorescências, tipos de cachos (tamanho, formato, com e sem acúleos etc.) e outros aspectos morfológicos (BELTRÃO et al. 2001). Com seis subespécies e 25 variedades botânicas, além de milhares de cultivares comerciais simples e híbridos em todo o mundo, em especial nos principais países produtores, que são a Índia, a China, o Brasil e a Rússia (SAVY FILHO et al., 1999; EMBRAPA, 2000; SANTOS et al., 2001). Pertence à família Euphorbiaceae, essa cultura produz um óleo glicerídico solúvel em álcool, e outras propriedades singulares, como o mais viscoso de todos os óleos (BELTRÃO et al. 2001).

3.1.2. Importância sócio-econômica

No Brasil, mamona é conhecida desde a era colonial quando dela se extraía o óleo para lubrificar as engrenagens e os mancais dos inúmeros engenhos de cana-de-açúcar, além de servir como indicadora do ponto de fervura da rapadura, utilizada empiricamente pelos senhores de engenho (JÚNIOR, 1986).

A mamoneira é uma planta oleaginosa, xerófila, de elevado nível de resistência a seca e que gosta muito de sol (heliófila) (NETO et al. 2001), que pela sua extraordinária capacidade de adaptação, multiplicidade de aplicações industriais do seu óleo e valor da sua torta, como fertilizante e suplemento protéico, situa-se entre as oleaginosas tropicais mais importante da atualidade (JÚNIOR, 1986).

O cultivo da mamona tem sido praticado no país, tradicionalmente, pelos pequenos e médios produtores (SAVY et al. 1999), sendo que a maioria encontra-se no Estado da Bahia onde é cultivada em regime de consórcio principalmente feijão de arranca (*Phaseolus vulgaris* L.) (BELTRÃO, 2001).

Segundo a SUDENE, na região Nordeste vários Estados possuem condições ambientais (solo e clima) propícios para o cultivo desta euforbiácea. No Estado da Paraíba, Amorim Neto et al. (1999) e Araújo et al. (2000) verificaram que 47 municípios têm condições de clima e de solo para o cultivo racional da mamoneira, com épocas de plantio variando de janeiro a maio, tornando tal oleaginosa uma garantia de rentabilidade da área, com ingressos financeiros, pelo seu grau de adaptabilidade e rusticidade elevada (SAVY FILHO et al. 1999).

3.1.3. Ricinoquímica

A mamoneira é uma oleaginosa de alto valor industrial, haja vista ser o óleo extraído de suas sementes de elevada importância devido à versatilidade na química do produto (FREIRE, 2001).

Segundo Beltrão et al. (2002), o óleo da mamoneira extraído de suas sementes, é o único glicerídico até o momento que na natureza é solúvel em álcool, tendo características especiais, sendo também dez vezes mais viscoso do que os demais óleos.

É o óleo de maior aplicação industrial, servindo para: produção de óleo desidratado (secativo), óleo sulfonado (“tukey red oil”), ácido sebáceo (matéria-prima para a fabricação do nylon e lubrificantes de turbina), óleo etoxilado (matéria-prima na fabricação de cosmético, detergentes, óleos de corte, fluido hidráulico, etc.), poliuretano (telecomunicações, biomedicina, filtros industriais, protetores), óleo hidrogenado (fabricação de ceras, plásticos lubrificantes de metais, cosméticos, processamento de borracha), óleo oxidado (fabricação de resina, tintas, adesivos etc), metircinoleato (matéria-prima para fabricação do náilon), ácidos graxos (óleo de corte, lubrificantes industriais, sabões transparentes, detergentes, tintas, fungicidas, bactericidas), ácidos

hidrogenados (graxas), ácidos desidratados (fios e tubos de plásticos, pinturas automotivas, embalagens para alimentos, tintas gráficas para impressoras de alta velocidade), e mais de uma centena de subprodutos, base para fabricação de inúmeros produtos de uso atual pela sociedade mundial (SAVY FILHO et al., 1999; BELTRÃO e SILVA, 1999).

3.1.4. Biodiesel

A crise energética de 1973 gerou uma nova consciência mundial a respeito da produção e consumo de energia, especialmente quando originária de fontes não renováveis. Muitos esforços foram dedicados à conservação ou economia de energia, além do uso de fontes alternativas (PARENTE, 2003).

No Brasil com a busca de alternativas energéticas, para diminuir a dependência externa de petróleo, o biodiesel surge como uma grande solução. As pesquisas para utilização do óleo de mamona como biodiesel no Brasil estão em pleno desenvolvimento o que ampliará as possibilidades de utilização da mamona como cultivo para o agronegócio brasileiro. (SMIDERLE)

O Biodiesel é um combustível renovável, biodegradável e ambientalmente correto, sucedâneo ao óleo diesel mineral e pode ser feito com qualquer óleo vegetal, gordura animal, óleos e gorduras residuais, porém a grande vantagem do óleo da mamona é devido ao seu custo baixo e a solubilidade dele em álcool etílico ou metílico e assim a reação de transesterificação ocorre a frio, sem aquecimento. O biodiesel é brasileiro, concebido no Nordeste, no Estado do Ceará na década de 80, e realizado inicialmente com o óleo de soja (PARENTE, 2003).

Com o uso do óleo de mamona o rendimento é elevado, superior a 99,5% e um litro de óleo de mamona produz um litro de biodiesel, além dos subprodutos, sendo o principal a glicerina que tem larga aplicação industrial. O biodiesel não é corrosivo, não é poluente, não tem aditivos, não emite enxofre para a atmosfera e é renovável (PARENTE, 2003).

3.1.5. Importância Agronômica

A mamoneira é uma cultura de clima quente e úmido de fácil adaptabilidade, que cresce e se desenvolve normalmente em solos de boa drenagem e que sejam férteis

(FORNAZIERI JÚNIOR, 1986), casos os solos não sejam de elevada fertilidade natural, devem ser adubados, com fertilizantes químicos ou orgânicos (BELTRÃO, 2002).

Esta Euphorbiaceae é citada freqüentemente como excelente cultura para compor o esquema de rotação de culturas, já que o seu sistema radicular é profundo e denso, com capacidade de explorar camadas mais profundas do solo, que normalmente não são atingidas pelas culturas convencionais, como milho (*Zea mays* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.), entre outras. Essa particularidade promove aumento na aeração e capacidade de retenção e distribuição da água no solo. O clímax desse benefício é atingido quando se incorporam os resíduos vegetais da cultura após a sua colheita (SAVY FILHO et al., 1999).

De acordo com Savy Filho et al. (1983), o mais tradicional e importante subproduto da mamona é a torta. Esta é importante na recuperação dos solos, pois é um excelente fertilizante orgânico rico em nitrogênio (5% a 6%), fósforo, potássio e micronutrientes (BELTRÃO et al. 2002), podendo ser usada em qualquer cultura, mesmo sem ter sido desintoxicada (BELTRÃO et al. 2002). Depois de desintoxicada via vapor (130^o C, 30 minutos), para neutralizar a proteína ricina, pode ser usada com sucesso na alimentação animal de ruminantes e alguns monogástricos, entrando na composição de rações balanceadas, em quantidades segundo a espécie, raça e idade dos animais (porco, galinha, boi, carneiro, caprinos, etc.). A torta da mamona pode ainda ser usada no controle de algumas espécies de nematóides causadores de distúrbios nas raízes de diversas espécies. A torta promove o aumento do *Meloidogyne aquaticus* que é predador de várias espécies de nematóides causadores de doenças nas plantas (BELTRÃO et al. 2002).

Segundo Loureiro (1962), do processamento industrial das bagas (sementes) de mamona, cada tonelada de óleo extraído corresponde a 1,28 toneladas de torta, que é tóxica, devido à presença da proteína ricina, que tem peso molecular de 60.000, e 5,9 de ponto isoelétrico, sendo um das mais potentes fitotoxinas, com dose letal para coelho de 0,5 mg/kg.

3.1.6. Situação do Brasil

O Brasil que já foi o maior produtor mundial de mamona (*Ricinus communis* L.) e maior exportador de óleo vegetal oriundo da mamona (SMIDERLE). Entre 1980 e 1985 o Brasil participava com 26% de produção mundial, onde chegou a colher 393.000

toneladas de bagas, já em 1999 era responsável por apenas 2% da quantidade produzida de mamona em baga no mundo e a exportação do óleo foi reduzida em grandes proporções, chegando a exportar apenas 15% da maior quantidade já exportada em 1980. Perdendo a condição de primeiro produtor para a Índia e a China que se mantiveram nesta ordem como principais produtores mundiais de mamona em baga, tanto em termos de área cultivada como de quantidade produzida (SANTOS et al, 2001).

Em âmbito nacional, a maior produção concentra-se nos estados da Bahia, com 83% de toda produção do país no ano de 2004, Mato Grosso, com cerca de 6%, e o Ceará, com uma participação de 5% (IBGE, 2005). Segundo o IBGE (2005), em 2004 a área plantada na Bahia foi de 150 mil hectares (85% de total da área com mamona no país), distribuída, basicamente, em quatro microrregiões: Irecê (109.354 ha – 62,4%), Jacobina (17.730 ha – 10%), Senhor do Bonfim (7.090 ha – 4%) e Seabra (5.620 – 3%).

Da mamona pode-se extrair o óleo que é o principal produto industrializado. Como co-produto tem-se a torta, rica em nitrogênio, fósforo e potássio e utilizada na recuperação de solos desgastados. O óleo, obtido da semente da mamona, é o produto mais nobre e importante. De acordo com pesquisas realizadas pela EMBRAPA, a amêndoa de mamona no Brasil pode representar 70% em peso da baga e contém entre 43% e 49% de óleo. A aplicação do óleo é feita em diversos segmentos da indústria química tais como cosméticos, lubrificantes para motores de alta rotação, carburantes de motores a diesel e como fluido hidráulico em aeronaves (ABOISSA, 2005).

3.1.7. Potencial Nordestino para Produção de Mamona

No nordeste brasileiro há aproximadamente 45 milhões de hectares de terras agronomicamente aptas ao cultivo da mamona (PIRES et al., 2004). Nesse cenário, percebe-se que há disponibilidade de expansão da produção atual via fronteira agrícola. Mesmo assim, existe um déficit na produção de óleo de mamona, o que tem obrigado o país a importar o produto (FAO, 2005). No cenário atual, a produção de biodiesel a partir dessa matéria-prima, dependerá, portanto, da ampliação da área plantada para suprir essa nova demanda.

A sub-região do semi-árido do Nordeste, com cerca de 900.000 km², quase 20% dos municípios do país e elevado contingente humano, boa parte ainda no campo, tem mais de 15 milhões de hectares com temperaturas entre 20^o a 26^oC, precipitação pluvial

de 500 a 800 mm, solos bem drenados, com boa profundidade e altitude de 300 a 1000 m, aptos para o cultivo de sequeiro desta euforbiácea (BELTRÃO e SILVA, 1999; BELTRÃO, 2001; BELTRÃO et al., 2002).

Na possibilidade de se usar o biodiesel puro ou misturado com diesel, do petróleo, as vantagens seriam imensas, com geração de milhões de empregos no Nordeste, melhor distribuição da renda regional, e redução da distribuição da renda regional, e redução da poluição atmosférica, pois o biodiesel tem oxigênio e produz muito pouco CO₂ (BELTRÃO et al. 2002).

Caso houvesse no Brasil a aprovação de B₂₀ (20% de biodiesel + 80% de diesel), produto que poderia ser usado imediatamente nos veículos a diesel em todo o país e com o biodiesel produzido com óleo de mamona e álcool de cana-de-açúcar, poderíamos ter no Nordeste espaço para se produzir mamona em 6,06 milhões de hectares por ano, com geração de pelo menos o equivalente em empregos (BELTRÃO et al. 2002).

Na safra 2003/2004, o custo de produção da cultura da mamona isolada ficou, no Estado da Bahia, em R\$ 377,30, incluindo a sacaria, 18 sacos em média para uma produtividade esperada de 1080 kg de baga (sementes)/hectare, renda bruta média de R\$540,00, considerando-se o preço mínimo de R\$0,50/kg, até mais de R\$1000,00, considerando o preço de mercado que chegou a mais de R\$1,20/kg, no final do mês de fevereiro de 2004 (REQUIÃO*, 2004). Na Paraíba e nos demais Estados do Nordeste, o custo de produção é pouco maior, cerca de R\$ 450,00, envolvendo o sistema consorciado mamona mais feijão vigna, desenvolvido pela Embrapa Algodão com seus parceiros, em especial a EBDA (Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola) que, basicamente, envolve o plantio da leguminosa 15 dias depois do plantio do algodão, uso das cultivares BRS 149 Nordestina ou BRS 188 Paraguaçu (BELTRÃO e CARDOSO, 2004).

3.2. ÁGUAS RESIDUÁRIAS

3.2.1. Considerações Gerais

Apesar de $\frac{3}{4}$ da superfície do nosso planeta está constituído por água, e se estima que o volume global é de 1,59 bilhão de Km³, 97% estão concentrados em mares e oceanos e apenas 3% é água doce. Desses, 75% correspondem às calotas polares

(geleiras) e dos 25% restantes, 98,8% são águas subterrâneas, ficando apenas 1,2% de águas superficiais (rios e lagos) de fácil acesso. Sendo assim, as fontes de águas para o uso humano imediato e sem grandes custos se reduzem a estas últimas (CEBALLOS, 1995).

Esses valores ressaltam a grande importância de se preservar os recursos hídricos na Terra, e de se evitar a contaminação da pequena fração mais facilmente disponível (SPERLING, 1996).

O conjunto das atividades humanas, cada vez mais diversificadas, associado ao crescimento demográfico, vem exigindo atenção maior às necessidades de uso de água. Em muitas regiões do globo, a população ultrapassou o ponto em que podia ser abastecida pelos recursos hídricos disponíveis. Hoje existem 26 países que abrigam 262 milhões de pessoas e que se enquadram na categoria de áreas com escassez de água (PHILIPPI JÚNIOR, 2003).

A região Nordeste do Brasil, com uma área de 1.561.177,8 km², participa de 18,26% da área do território nacional, e se caracteriza pelos seus escassos recursos hídricos. Nesta região predomina o clima do semi-árido, com médias térmicas elevadas, em torno de 25^oC, e com chuvas irregulares e concentradas em poucos meses do ano (IBGE, 2000).

A falta de chuvas durante longos períodos impede a agricultura perene, comprometendo a produção agrícola. Isto desorganiza a economia da sociedade nordestina, já que grande parte da população vive da pequena agricultura e tradicionalmente ocorrem migrações em busca de outras regiões (GUERRA, 1981).

O Estado da Paraíba possui uma extensão de 51.958,2 km² (0,63% do território nacional) e uma população de 3.443.825 habitantes segundo o censo 2000. Aproximadamente 99% do seu território é atingido pela seca periódica. A hidrografia da Paraíba se caracteriza pela predominância de rios temporários, que secam no período de estiagem e em segundo lugar, pelos rios com regime pluvial onde o volume de água depende de precipitação pluviométrica e da intensidade da estiagem (IBGE, 2000).

A precariedade de recursos hídricos torna a água um problema vital na sobrevivência das populações nordestinas, que com frequência armazenam e utilizam águas de má qualidade, tanto para consumo humano como para a irrigação.

3.2.2. Origem e Composição das Águas Residuárias

Água Residuária é um termo usado para caracterizar os despejos provenientes das diversas modalidades do uso e da origem das águas, tais como as de uso doméstico, comercial, industrial, as de estabelecimentos públicos, áreas agrícolas, de superfície, de infiltração, pluviais e outros efluentes sanitários (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994; JORDÃO e PESSOA, 1995; BRAGA et al., 2002).

Os esgotos domésticos provêm, principalmente, de residências e de edificações públicas e comerciais que concentram aparelhos sanitários, lavanderias e cozinhas. Apesar de variarem em função das condições socioeconômicas das populações, do clima e dos hábitos, os esgotos domésticos têm características bem definidas e compõem-se, basicamente, das águas de banho, urina, fezes, restos de comida, sabões, detergentes e águas de lavagem (VON SPERLING, 1996; BRAGA et al., 2002).

Segundo Von Sperling (1996), as águas residuárias domésticas contêm *aproximadamente 99,9% de águas. A fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Portanto, é devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos.*

3.2.3. Tratamento das Águas Residuárias

O tratamento adequado das águas residuárias é essencial para a proteção da *saúde pública, pois os esgotos podem contaminar a água, os alimentos, os utensílios domésticos, as mãos, o solo ou serem transportados por vetores, como moscas e baratas, provocando novas infecções. Outra importante razão para tratar as águas residuárias é a preservação do meio ambiente, já que a matéria orgânica pode ocasionar a exaustão do oxigênio dissolvido, causando morte de peixes e outros organismos aquáticos, escurecimento da água e aparecimento de maus odores; é possível que os detergentes presentes nas águas residuárias provoquem a formação de espumas em pontos de agitação da massa líquida; os defensivos agrícolas podem determinar a morte de peixes e outros animais. Os nutrientes exercem uma forte “adubação” da água, provocando o crescimento acelerado de vegetais microscópios que conferem odor e gosto desagradáveis* (HESPANHOL, 2003b)

Do ponto de vista técnico, tratar esgotos é reduzir os constituintes sólidos existentes nas águas residuárias, os quais prejudicam a qualidade da água. Na Tabela

2.1, são apresentados os principais constituintes de natureza orgânica e mineral que deverão ser retirados ou reduzidos das águas residuárias.

O tratamento compreende, tecnicamente, três níveis: (a) primário: remove material em suspensão, geralmente sólidos grosseiros, utilizando-se grades, caixa retentora de areia ou sedimentador; (b) secundário: envolve remoção de matéria carbonácea; (c) terciário: remove nitrogênio, geralmente por sistema biológico, através de processo de nitrificação e desnitrificação; além de fósforo, também por tratamento químico, utilizando-se cloreto férrico ou sulfato de alumínio.

A redução de organismos patogênicos, no caso específico de esgotos sanitários, faz parte do tratamento terciário. Nesse caso, a redução ocorre, geralmente, por cloração, ozonização, aplicação de efluente no solo, lagoa de maturação e lagoa de polimento.

Segundo Sousa e Leite (2003) os processos de tratamento de águas residuárias podem ser classificadas em: físicos, químicos e biológicos. Os processos físicos caracterizam-se pela remoção dos constituintes fisicamente possíveis de separação, tais como sólidos grosseiros, flutuantes e decantáveis. Já os processos químicos caracterizam-se, geralmente, pela adição de produtos químicos à água a ser tratada. Os processos químicos mais utilizados são: floculação, precipitação e oxidação. O processo biológico de tratamento é o mais utilizado no mundo inteiro e resulta na transformação dos constituintes da água em moléculas mais simples e estáveis. Trata-se da oxidação do material orgânico presente, de modo que ocorre a transformação deste em substância de estrutura molecular simples e de baixo conteúdo energético.

3.2.4. Aspectos Sanitários do Uso de Águas Residuárias na Irrigação

A descarga de água residuária sem nenhum tratamento prévio, podem contaminar o ambiente com vírus, bactérias, protozoários e helmintos, gerando um grave problema para saúde pública, uma vez que propagam doenças virulentas, bacterianas e parasitárias, afetando os trabalhadores que manuseiam a terra, a população que habita próximo às áreas cultivadas e os consumidores das culturas irrigadas (LEON e CAVALLINI, 1999).

De acordo com Sousa e Leite a possibilidade de uma pessoa contrair doenças através da utilização de esgotos domésticos na irrigação depende, principalmente, dos seguintes fatores:

- quantidade de microrganismos patogênicos presentes no efluente, capazes de *provocar infecção*;
- latência – intervalo de tempo que o microrganismo dispõe desde a excreção até tornar-se infectivo;
- capacidade de sobrevivência do microrganismo no meio ambiente;
- suscetibilidade da pessoa à doença;
- capacidade de multiplicação do microrganismo no organismo humano.

Considerando o público exposto (trabalhadores, consumidores e público), em 1989, a Organização Mundial da Saúde (WHO), apresentou recomendações para a *qualidade microbiológica das águas residuárias a ser utilizada na agricultura*). Os parâmetros utilizados nesta classificação destacam dois indicadores microbiológicos: número de ovos de helmintos por litro e concentração de coliformes fecais.

3.2.5. Reúso de Águas

Uma vez poluída, a água pode ser recuperada e reusada para fins benéficos diversos. *A qualidade da água utilizada e o objeto específico do reúso estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital e de operação e manutenção. As possibilidades e maneiras de reúso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais.*

Segundo Brega Filho e Mancuso (2003), o reúso de água pode ser classificada em duas grandes categorias: reúso potável e reúso não potável.

Dentre os tipos básicos de reúso não potável pode-se citar para os seguintes: agrícola, industriais, recreacionais, domésticos, manutenção de vazões, aquicultura e recarga de aquíferos subterrâneos.

A reutilização ou o uso de águas residuárias, não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo desde há muitos anos. Porém o que influenciou de forma tecnicamente correta a utilização controlada de esgotos para fins agrícolas foram às iniciativas inglesas, quando se buscou a despoluição do rio Tamisa. (PAGANINI, 2003).

Quando se reutiliza as águas residuárias, se faz necessário ter total conhecimento de suas características físicas, químicas e microbiológicas. Para facilitar na escolha de atividades em que estas águas poderão ser empregadas, evitando malefícios aos que dela usufruem (DUARTE, 2002).

No Brasil, existem poucos registros do reúso de efluentes tratados em diversas atividades, principalmente na agricultura. Entretanto, isto não quer dizer que não haja a prática informal desta atividade. A falta de sistemas de tratamento de esgotos na maioria dos municípios das cidades brasileiras, e de mananciais com água de boa qualidade, favorecem a prática do reúso indiscriminado de águas residuárias.

Um bom planejamento na prática do reúso permite que haja continuidade das atividades exercidas pelo homem, sobretudo a agricultura, já que tal atividade vem sendo diretamente afetada pela grande escassez de água. Além disso, o reúso de águas residuárias na agricultura não proporciona só o volume de água exigido pelas plantas, mas também os nutrientes que estas necessitam para se desenvolver, bem como proporciona economia de água, podendo assim, ser empregada em atividades mais nobres (HESPANHOL, 2003^a).

Em pesquisa desenvolvida por Duarte (2002) utilizando água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão, a pesquisadora afirma que as águas utilizadas mostraram ser fonte adequada de nutrientes suprimindo as necessidades nutricionais da cultura.

As águas de qualidade inferior, tais como esgotos, particularmente os de origem doméstica, águas de drenagem agrícola e águas salobras, devem, sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para os usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes é hoje, junto com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, a estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água.

3.2.6. Reúso na Agricultura

O uso consuntivo de água para a agricultura no Brasil, em grandes números, é de 70% do total consumido atualmente, com forte tendência para chegar a 80% até o final desta década, com isto percebe-se que a agricultura depende do suprimento de água a um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida

sem que critérios inovadores de gestão sejam estabelecidos e implementados em curto prazo (HESPANHOL, 2003a).

Segundo ainda Hespagnol, (2003a) durante as duas últimas décadas, o uso de esgotos para irrigação de culturas aumentou significativamente, em razão de fatores como: *dificuldades na identificação de novas fontes de água para irrigação; minimização dos riscos à saúde pública; custos elevados dos sistemas de tratamento; aceitação sociocultural da prática do reúso agrícola; entre outros.*

A aplicação de esgotos no solo é uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa para aumentar a disponibilidade hídrica, em regiões áridas e semi-áridas. Os maiores benefícios dessa forma de reúso são os associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública.

Conforme Araújo (1999); Léon e Cavallini (1999), o reúso de águas tratadas tem sido praticado mundialmente, principalmente em regiões áridas ou semi-áridas, como se pode confirmar em países como o México (Vale de Mezquital), Tunísia (Tunis), Arábia Saudita (Riyadh e Dirab), Estados Unidos (Califórnia), Chile (Santiago) e em Israel. Os principais cultivos irrigados com águas residuárias nestes países são: milho, alfafa, aveia, cevada, feijão, trigo, cabaceira, pimenta, tomate, cítricos, algodão, eucalipto, árvores e sementes de vegetais, grama e árvores natalinas e forrageiras.

No Brasil, a prática planejada do reúso é pequena e se resume a algumas experiências isoladas em cidades do Rio Grande do Sul, São Paulo e Ceará. Além disso, o Brasil não possui uma política própria de regulamentação para a prática do reúso, utilizando então, normas recomendadas por órgãos como a WHO, ou as normas para uso recomendadas pelo CONAMA.

Duarte (2002), irrigou pimentão com água residuária tratada, porém com concentrações de ovos de helmintos superiores aos recomendados obteve frutos com *qualidade satisfatória e que atendeu os critérios exigidos pela WHO (1986).* A pesquisadora atribuiu a qualidade dos frutos ao manejo adequado dispensado no momento de coleta e armazenamento do produto.

A eficiência do uso das águas residuárias na agricultura depende, basicamente, das estratégias adotadas para otimizar a qualidade e a quantidade da produção, tendo em vista uma melhoria da produtividade do solo, do ambiente e da saúde pública, em que uma combinação apropriada dos diferentes componentes, permitirá o resultado ótimo para a condição específica de manejo. O requisito básico é contar com as informações sobre as características do efluente da área que se pretende utilizar e combinar os tipos

de culturas, os métodos de irrigação e as práticas de manejo (LÉON e CAVALLINI, 1999).

O principal critério para se selecionar o método de irrigação é a eficiência do uso de água, mas quando se usam águas residuárias existem outros fatores que devem ser levados em consideração, como o risco de contaminação dos trabalhadores e dos cultivos.

Para a utilização de águas residuárias, é necessário um sistema de tratamento com alta capacidade de remoção de matéria orgânica e nutrientes, elementos esses que se deseja aproveitar como fertilizantes. A irrigação localizada é reconhecidamente o método que gera o menor risco de contaminação, protegendo adequadamente a saúde dos consumidores e dos agricultores. Este método de irrigação permite economia de considerável água, porém tem custo de implantação elevado, além de exigir, uma baixa concentração de sólidos, para evitar a obstrução dos emissores (gotejadores) (LÉON e CAVALLINI, 1999).

3.2.7. Qualidade de Águas para a Agricultura

De acordo com Ayers e Westcot (1999), a agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água, porém o aspecto da quantidade tem sido desprezado devido à abundância de fontes de água que no passado eram de boa qualidade e de fácil utilização, todavia em muitos lugares está situação esta mudando, em decorrência do uso intenso, tendo-se que recorrer ao uso de águas de qualidade inferior, tornando-se necessários um planejamento efetivo que assegure melhor uso possível das águas, de acordo com sua qualidade.

O conceito de qualidade de água refere-se de acordo com Lima (1998) a sua adaptabilidade para determinado uso, isto é, se suas características físicas, químicas e biológicas são adequados à necessidade do usuário.

Segundo Philippi Júnior (2003), as águas de irrigação de modo geral, devem ser analisadas em relação à concentração total de sais (salinidade), a proporção relativa de sódio em relação a outros cátions (permeabilidade do solo); a concentração de elementos tóxicos; a concentração de íons; e ao aspecto sanitário (contaminação por bactérias patogênicas).

4.0. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização do experimento

A pesquisa foi desenvolvida, nas dependências da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA), no bairro da Catingueira, distante 10 km do centro do município de Campina Grande, PB (7° 13' 11" S; e 35° 52' 31" W a 548 m acima do nível do mar).

Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o município apresenta precipitação total anual de 802,7 mm, temperatura máxima de 27,5°C, mínima de 19,2°C e umidade relativa do ar de 83%.

A área experimental foi de 4200 m², distando 350 m das lagoas de estabilização, com uma diferença de nível de 5 m, uma declividade de 1,5%; o solo da área é um Neossolo conforme (EMBRAPA, 1999).

O solo da área é classificado como franco-argilo-arenoso com teores de areia silte e argila de 62,9, 16,11, e 20,98 % respectivamente e teores de matéria orgânica de 1,19 %; fósforo 13,4 mg dm⁻³; potássio 6,4 mmol_c kg⁻¹; cálcio 39,0 mmol_c kg⁻¹; magnésio 45,4 mmol_c kg⁻¹ e teores do extrato de saturação de sódio, cloreto, bicarbonato 7,23; 14,25; 3,55 mmol_c L⁻¹ respectivamente, com condutividade elétrica do solo antes do cultivo de 1,67 dS m⁻¹, Percentagem de Sódio Trocável (PST) de 4,42% e Razão de Adsorção de Sódio (RAS) de 3,24. As umidades na capacidade de campo e ponto de murcha são as seguintes: umidade Cc 124,7 g kg⁻¹ e umidade Pmp 45,3 g kg⁻¹. As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do solo da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II - Areia, PB, de acordo com as metodologias propostas pela EMBRAPA (1997).

4.2. Estação de tratamento de esgoto

A ETE de Campina Grande possui duas lagoas em série, com profundidade de 3,5 m, sem aeradores; o esgoto bruto passa por uma calha Parshall e uma grade de ferro antes de entrar na primeira lagoa. No final da segunda lagoa existe um ponto de captação do efluente que foi utilizado no experimento, e um vertedouro seguido de um canal o qual conduz a água até o leito do riacho de Bodocongó, pertencente à bacia hidrográfica do Rio Paraíba. O emissário de esgotos da cidade de Campina Grande, as

lagoas de estabilização e o ponto de captação do efluente usado no experimento são exibidos na Figura 1 e 2.

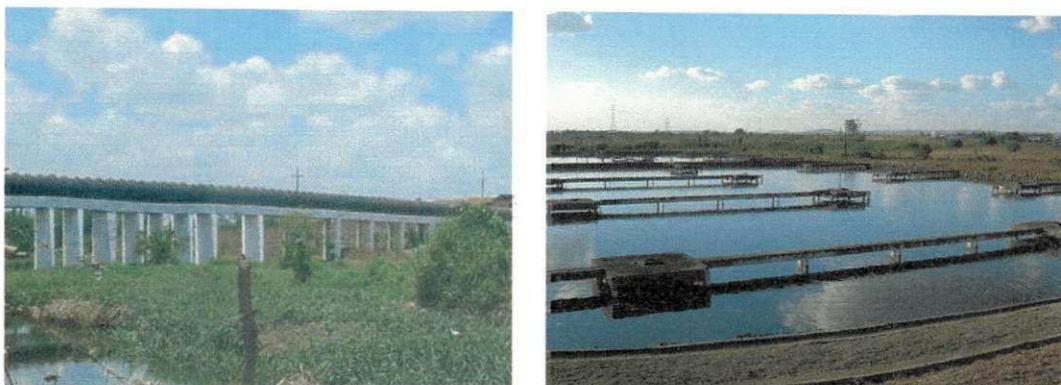


Figura 1. Emissário e lagoas de estabilização da estação de tratamento de esgotos (ETE) de Campina Grande-PB.

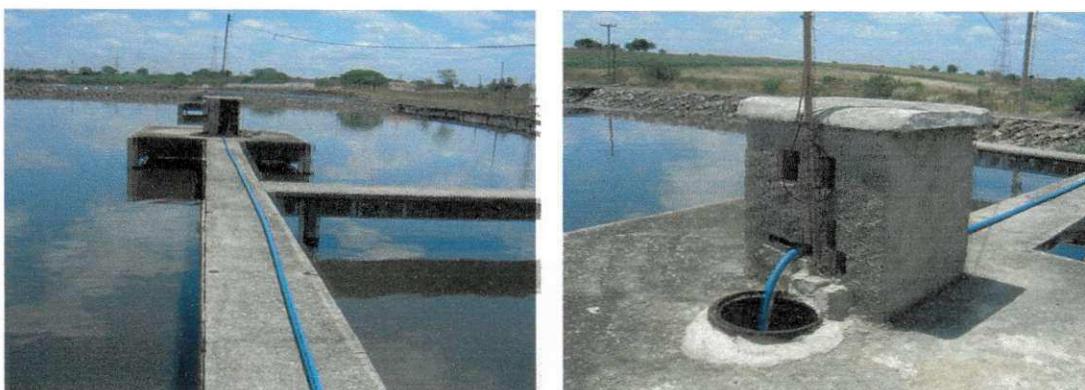


Figura 2. Captação do efluente final das lagoas de estabilização usado no experimento, ETE de Campina Grande.

4.3. Delineamento experimental

O trabalho de campo constitui-se na irrigação da mamona (*Ricinus communis* L.) da variedade Híbrido Lyra, submetida a 16 tratamentos com 48 parcelas, utilizando-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com análise de variância do teste de Tukey no programa Assistat, em esquema fatorial quantitativo $(4 \times 2 \times 2) \times 3$, cujos fatores foram quatro lâminas de irrigação de água residuária ($L_1 = 1000$ mm, $L_2 = 800$ mm, $L_3 = 600$ mm e $L_4 = 400$ mm), com ausência e presença de nitrogênio e fósforo ($0; 90$ kg ha⁻¹ de N) e ($0; 60$ kg ha⁻¹ de P₂O₅) e com três repetições; esta adubação foi do efeito residual do nitrogênio e do fósforo na cultura anterior que foi o algodão.

A parcela experimental consta de uma área de 20 m², totalizando uma área de 840 m², o arranjo de plantas foi em fileiras simples e o espaçamento de 0,50 m entre

plantas e 1 m entre fileiras. A área útil é representada pelas duas fileiras centrais. Colocou-se duas sementes por cova, a uma profundidade de 5 cm.

O croqui da área com os tratamentos é apresentado na Figura 3 que se encontra abaixo.

Bloco 1		Bloco 2		Bloco 3		
Sem Adubo	P	Sem Adubo	N-P	N	P	L ₄ – AR (400mm)
N-P	N	P	N	N-P	Sem Adubo	
N	N-P	N	P	Sem Adubo	N-P	L ₃ – AR (600mm)
P	Sem Adubo	N-P	Sem Adubo	P	N	
N-P	N	P	N	N-P	Sem Adubo	L ₂ – AR (800mm)
Sem Adubo	P	Sem Adubo	N-P	N	P	
N-P	N	N-P	Sem Adubo	P	N	L ₁ – AR (1000mm)
Sem Adubo	P	N	P	Sem Adubo	N-P	

Figura 3. Croqui da área experimental com a disposição das parcelas e respectivos tratamentos e tipos de água de irrigação.

Legenda:

N - 90 kg de nitrogênio ha⁻¹

P - 60 kg de fósforo (P₂O₅) ha⁻¹

N-P - Com adubação N e P

- Sem adubação N e P

L = Lâminas: L1= 1000 mm; L2= 800 mm; L3= 600mm e L4= 400mm.

4.4. Descrição dos trabalhos de campo

4.4.1. Instalação do sistema de irrigação

O sistema de irrigação instalado e pressurizado e do tipo gotejamento, a água da lagoa de estabilização é aduzida por uma motobomba centrífuga de 3 cv até 2 caixas de água de 5000 L, localizadas próximo ao experimento, a partir daí a água era aduzida por duas motobombas de 0,5 cv passando por um cabeçal de controle, constituído de uma tubulação de 330 m de PVC de 50 mm, um filtro de areia com vazão de 10 mil L h⁻¹, filtro de disco 130 micron, e dois filtros de tela 130 micron, após cada filtro de tela existia um manômetro analógico Figuras 3 e 4 . Do cabeçal de controle a água era derivada para as parcelas experimentais por tubulações de polietileno de 16 mm e distribuída para as plantas por meio de gotejadores do tipo autocompensante, com vazão de 4 L h⁻¹, dispostos na tubulação com espaçamento, entre eles, de 50 cm.

O controle das irrigações foi feito através de registros de passagem instalados no início de cada subunidade de irrigação, obedecendo ao tempo estabelecido para cada lâmina de água.

As características da água residuária usada para irrigação serão citadas na Tabela 1 que se encontra abaixo:

Tabela 1. Análise química da água de abastecimento e da água residuária

Características Químicas	Água abastecimento	Água residuária
CE (dS m ⁻¹)	0,46	1,5
Sódio (mg L ⁻¹)	5,27	113,60
Amônia (mg L ⁻¹)	0,96	56,0
Nitrato (mg L ⁻¹)	0,5	1,22
Potássio (mg L ⁻¹)	6,8	17,5
Cálcio (mg L ⁻¹)	19,91	35
Magnésio (mg L ⁻¹)	7,2	29,6
Bicarbonato (mg L ⁻¹)	79,3	433,8
Cloreto (mg L ⁻¹)	405,5	226
Fosfóro (mg L ⁻¹)	0,08	6,6
P- orto (mg L ⁻¹)	0,06	4,18

Os teores de micro elementos e metais pesados do efluente da ETE são: Boro 1,54; Ferro abaixo do limite de detecção de 0,001 mg L⁻¹; Cobre 0,22; Mn 0,090; Zn abaixo

do limite de detecção de $0,06 \text{ mg L}^{-1}$; Chumbo $0,78$; Níquel $0,05$; Cádmio abaixo do limite de detecção de $0,0001 \text{ mg L}^{-1}$.



Figura 4. Sistema de armazenamento, filtragem e distribuição de água.



Figura 5. Cabeçal de controle composto por filtro de areia, motobomba, filtro de disco, filtros de tela e manômetros analógicos

4.4.2. Condução do experimento

A instalação do experimento ocorreu entre novembro de 2005 tendo seu término em fevereiro 2006. O plantio foi realizado em 25/11/05 e a germinação ocorreu no dia 05/12/05, sendo realizado o replantio nos locais falhos em 07/12/05. A primeira avaliação não destrutiva das plantas foi realizada no dia 24/12/05, a segunda avaliação foi realizada no dia 15/01/06 e a terceira e última avaliação foi no dia 05/02/06.

De acordo com a análise do solo e após submetê-lo a Capacidade de campo (Cc), realizou-se a semeadura em 25/11/2005 por meios de covas abertos na superfície do solo, a uma profundidade média de 5 cm, nos quais foram colocadas para germinar 2 sementes da cultivar Híbrido Lyra, originada das variedades mais utilizadas na região Nordeste, “nordestina e paraguaçu”, provenientes da EMBRAPA / CNPA safra 2004/2005. As sementes na cova foram cobertas com uma fina camada do próprio solo; a emergência se verificou aos 10 dias após a semeadura. Aos 15 dias após a emergência, realizou-se o desbaste deixando, apenas uma plântula por cova. Aos 10 dias após a emergência foi iniciado o controle das irrigações, o manejo da irrigação baseia-se na evapotranspiração de referência (Eto) pelo método de Hargreaves e Samani (1985) e nos coeficientes de cultivo da mamoneira (DOORENBOS e PRUITT, 1997; BEZERRA, 2004).

4.4.3. Variáveis analisadas

O crescimento inicial da cultura foi representado pelas seguintes variáveis avaliadas: Altura de Planta e Diâmetro caulinar

Aos 20 dias após a emergência das plântulas, DAE, quatro plantas de cada parcela foram marcadas para submetê-la as observações, de 20 em 20 dias, das variáveis a que se refere esse trabalho durante toda fase experimental.

a) Altura da planta

A altura de plantas foi determinada a partir do colo da planta, a 2 cm do solo, até o broto terminal, utilizando uma trena, aos 20, 40 e 60 dias após a emergência.

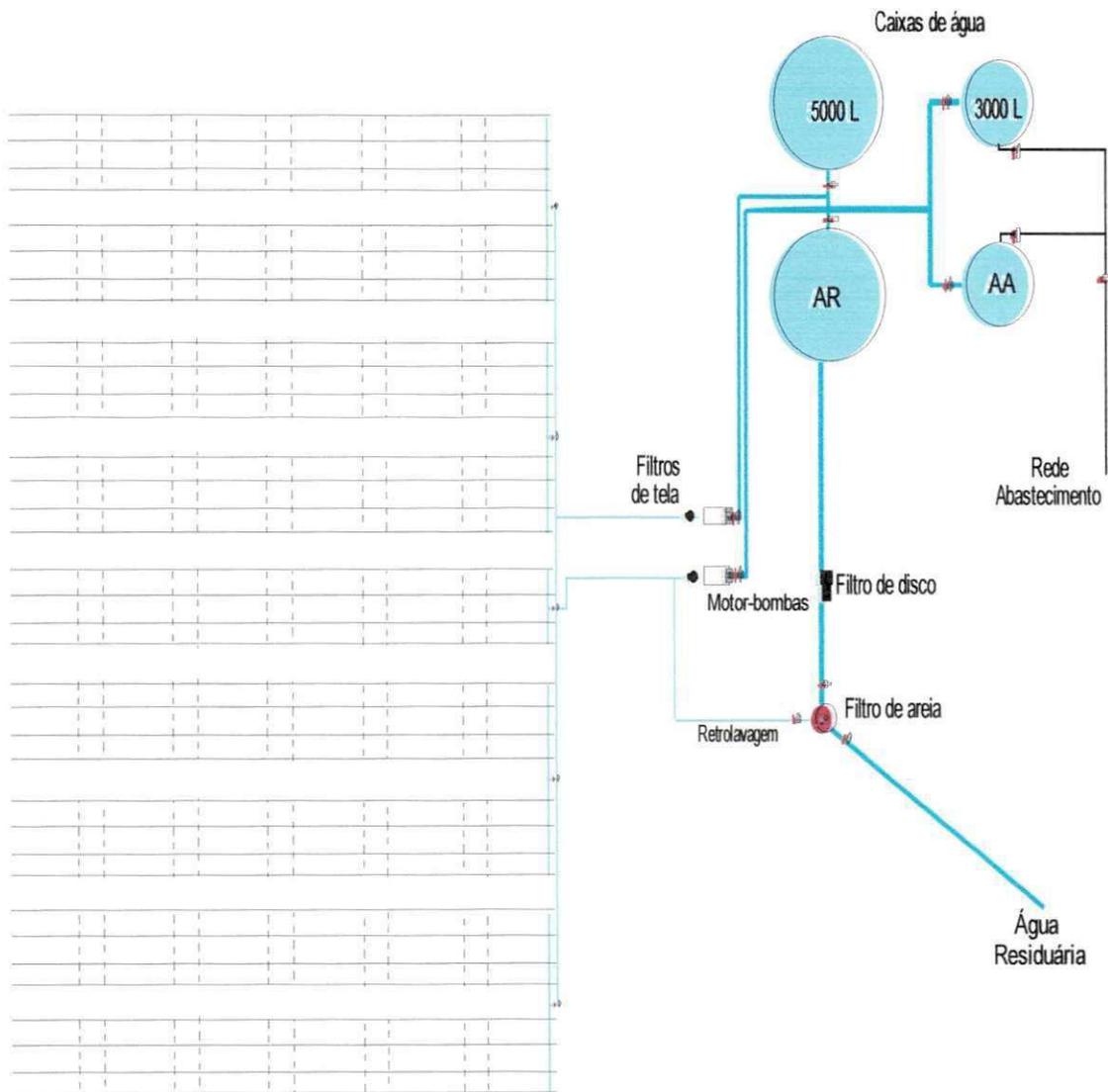
b) Diâmetro do caule

O diâmetro caulinar foi medido a 2 cm do colo da planta aos 20, 40 e 60 (DAE), utilizando um paquímetro.

5.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 6 tem-se o sistema de irrigação instalado foi o do tipo localizada por gotejamento, com uma linha principal e uma lateral. Com a tubulação principal fixa e não havendo movimentação da linha lateral, a água da lagoa de estabilização era aduzida até as 2 caixas de água de 5000 L, localizadas próximo ao experimento, a tubulação de 330 m de PVC de 50 mm foi necessário um filtro de areia, um de disco e duas tela, pois a água residuária tem muito material em suspensão, e como a irrigação é do tipo localizada foi necessário estes filtros, para que não houvessem muitos entupimentos nos gotejadores, tornando a eficiência do sistema satisfatória, do cabeçal de controle a água era derivada para as parcelas experimentais por tubulações de polietileno de 16 mm e distribuída para as plantas por meio de gotejadores do tipo autocompensante na tubulação com espaçamento, entre eles, de 50 cm.

O método de irrigação localizada foi utilizado pois tem menor risco de contaminar o ambiente com vírus, bactérias, protozoários e helmintos. Esta irrigação não afetará os trabalhadores que manuseiam a terra e a população que habita próximo às áreas cultivadas.



Legenda:

AA - Água de abastecimento

AR - Água residuária

☐ - Registros

— - Tubo de PVC de 50 mm

— - Tubo de PVC de 32 mm

— - Laterais de polietileno de 16 mm

Figura 6. Croqui da área experimental

5.1. Variável altura da planta

Com o resultado da análise de variância, observa-se que não houve efeito significativo para nenhum efeito dos tratamentos. Todas as leituras da altura foram não significativas, com exceção do tratamento dos blocos na 2ª e 3ª leitura com probabilidade de 1 %. O coeficiente de variação ficou entre 14,18 e 18,06, esses valores estão dentro do limite aceitável, já que é um experimento de campo onde está sujeito a variações climáticas.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para a variável altura da planta para as lâminas aplicadas versus os tratamentos aplicados na Híbrido Lyra

Causa de Variação		Quadrado Médio		
FV	GL	DAE 1ª Leit	DAE 2ª Leit.	DAE 3ª Leit.
L	3	12,28 ns	27,17 ns	42,85 ns
P	1	0,369 ns	0,312 ns	1,01 ns
N	1	0,490 ns	0,502 ns	2,08 ns
L*P	3	15,36 ns	62,33 ns	55,89 ns
L*N	3	8,24 ns	8,20 ns	10,79 ns
P*N	1	1,50 ns	8,03 ns	1,16 ns
Bloco	2	17,85 ns	99,14 *	105,54 *
Resíduo	30	6,76	25,52	21,88
CV	(%)	14,18	18,06	16,20

* Significativo a 1% de probabilidade e ns não significado; Coeficiente de Variação (CV), Lâminas (L), Adubação com fósforo (F), Adubação com nitrogênio (N) e Dias após a emergência (DAE).

Tabela 3. Resumo das médias para leituras a variável altura para as lâminas aplicadas no Híbrido Lyra

Lâminas	Médias das alturas		
	1ª Leitura	2ª Leitura	3ª Leitura
L ₁	18,94 a	27,87 a	28,46 a
L ₂	17,27 a	26,12 a	26,63 a
L ₃	19,01 a	29,80 a	31,19 a
L ₄	17,18 a	28,12 a	29,23 a

A altura das plantas, em função das lâminas de irrigação aplicadas, observadas aos 20, 40 e 60 dias após a emergência, pode ser visualizada nas Figuras 7, 8 e 9, respectivamente. Observa-se que o crescimento das plantas seguiram a mesma tendência para todas as observações realizadas. Os melhores valores foram registrados para a lâmina de 600 mm. Entretanto, como os resultados estatísticos indicam que não houve diferença significativa, para altura de planta, qualquer que tenha sido a lâmina aplicada recomendamos a irrigação, nas condições em que foi realizado o experimento, com aplicação de 400 mm, o que resultará em economia de água para outras finalidades, como expansão da área agrícola. Estes resultados estão de acordo com esta lâmina é a mais próxima da eficiência hídrica da mamona 500 mm (AMARAL, et al., 2005).

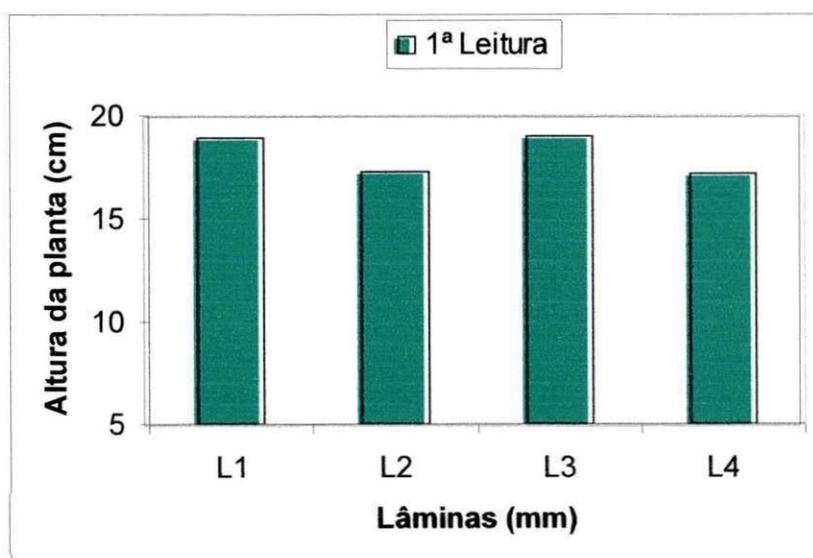


Figura 7. Altura das plantas x lâminas para a 1ª leitura

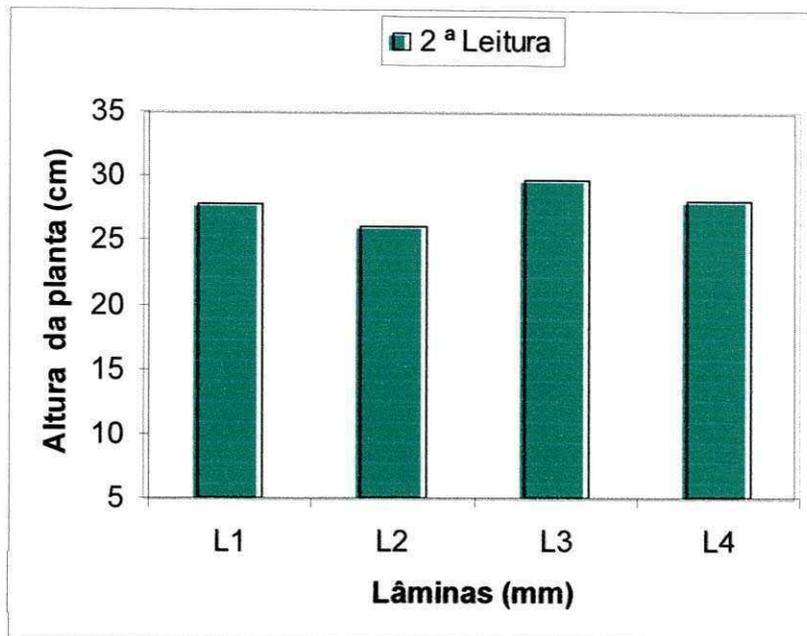


Figura 8. Altura das plantas x lâminas para a 2ª leitura

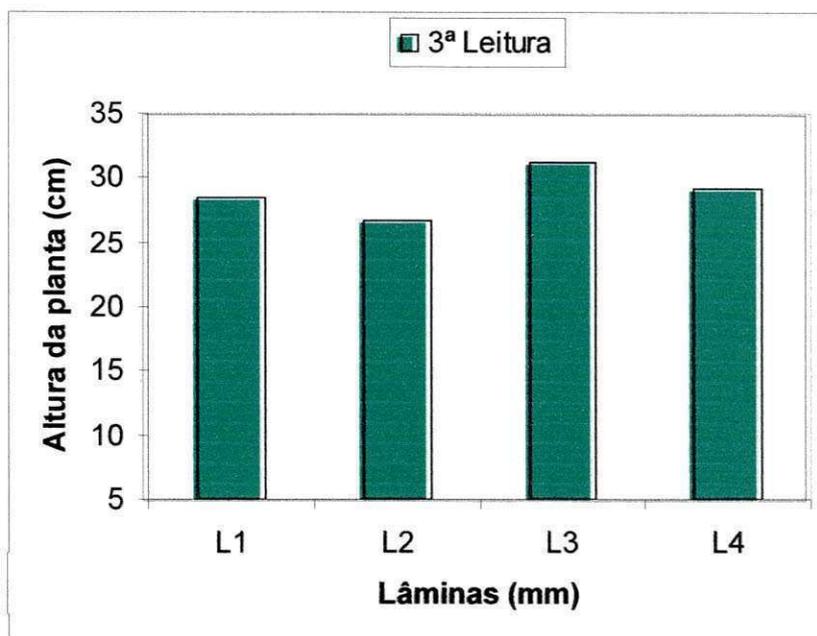


Figura 9. Altura das plantas x lâminas para a 3ª leitura

Tabela 4. Médias das alturas para a adubação fosfatada

Médias do fósforo para as alturas	1ª Leitura	2ª Leitura	3ª Leitura
Com	18,19 a	28,06 a	28,73 a
Sem	18,01 a	27,90 a	29,02 a

Tabela 5. Médias das alturas para a adubação nitrogenada

Médias do nitrogênio para as alturas	1ª Leitura	2ª Leitura	3ª Leitura
Com	18,20 a	28,08 a	29,08 a
Sem	18,00 a	27,88 a	28,67 a

Nos resultados estatísticos não houve diferença significativa para todas as leituras de altura que seguiram a mesma tendência para todas as observações realizadas no tratamento do fósforo e nitrogênio no nível de 5 % probabilidade. Segundo Ferreira et al. (2004), na deficiência de fósforo, as plantas têm crescimento inicial lento, provavelmente devido a redução na absorção de nutrientes, da taxa fotossintética e da translocação interna de carboidratos, que se acumulam no cloroplasto.

Ferreira et al (2004), afirma que nas plantas de mamona com suprimento de fósforo até 30 DAE, não se verificaram sintomas visuais subsequente de deficiência de fósforo, exceto pelo crescimento reduzido quando comparado com o tratamento completo, mas como esta adubação foi do efeito residual do nitrogênio e do fósforo na cultura anterior que foi o algodão, não obteve resultado significativo na altura das plantas com o fósforo.

Pode ser visualizada na Tabela 5 que todos os resultados estatísticos do tratamento com o nitrogênio não diferiram significativamente para altura de planta. Mesmo os resultados não sendo significativos para a variável altura de plantas tanto para as lâminas de como para ausência e presença de fósforo e nitrogênio, com a comparação dos dados de Sampaio et al (2006) as alturas encontradas neste trabalho foram satisfatórias para a variedade Híbrido Lyra.

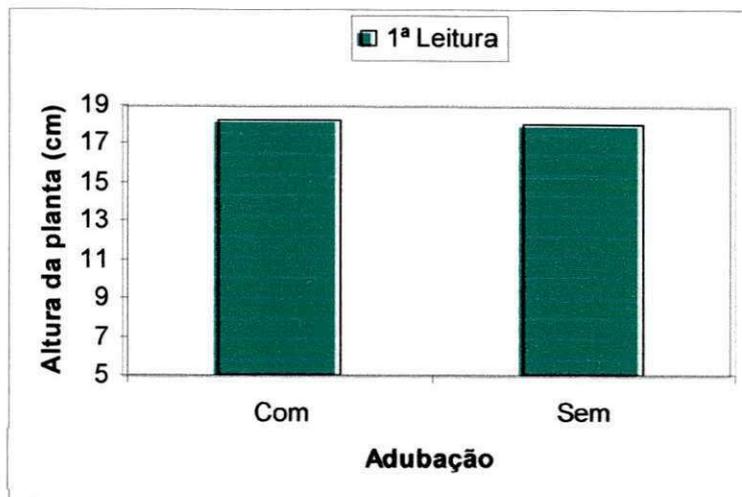


Figura 10. Altura das plantas com fósforo x adubação na 1ª leitura

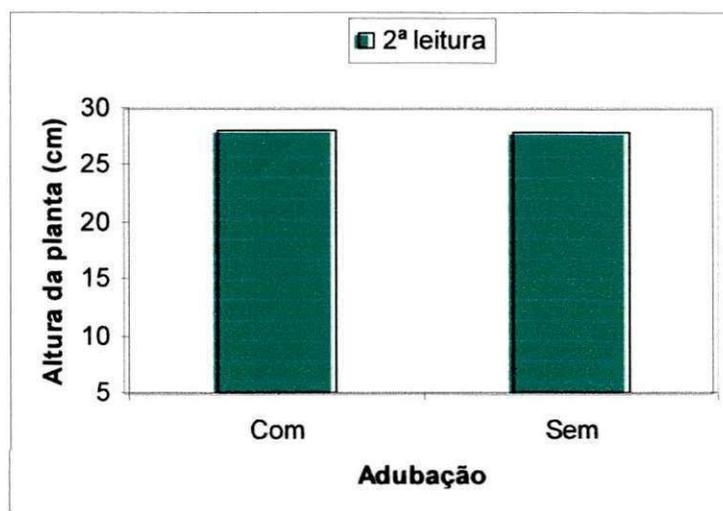


Figura 11. Altura das plantas com fósforo x adubação na 2ª leitura

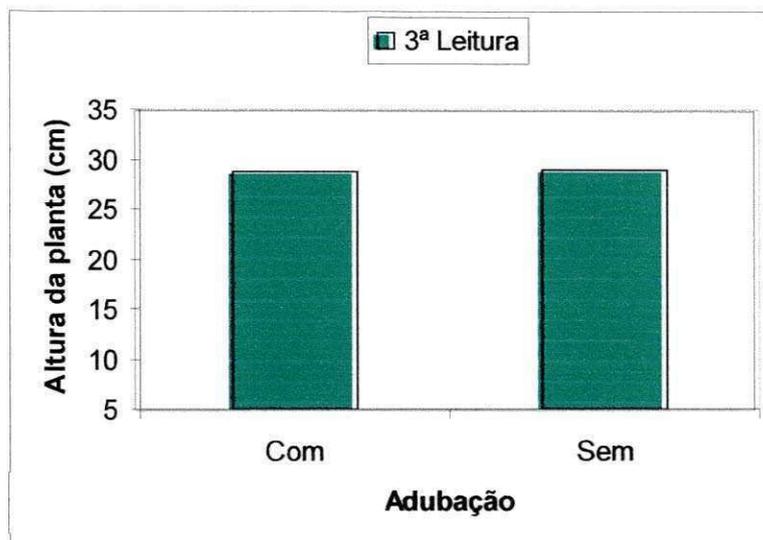


Figura 12. *Altura das plantas com fósforo x adubação na 3ª leitura*

5.2. Variável diâmetro caulinar da planta

Com o resultado da análise de variância do diâmetro caulinar das plantas, observa-se que houve diferença significativa na para todas as leituras da lâmina. O coeficiente de variação ficou entre 13,60 e 14,77, esses valores estão dentro do limite aceitável, já que é um experimento de campo onde está sujeito a variações climáticas.

Todas as leituras do diâmetro foram não significativas, com exceção dos tratamentos de lâmina para todas as leituras com probabilidade de 1 % a 5% e na lâmina de fósforo na 2ª e 3ª leitura.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para o diâmetro do caulinar da planta para as lâminas aplicadas versus os tratamentos aplicados na Híbrido Lyra

Causa de Variação		Quadrado Médio		
FV	GL	DAE 1ª Leit.	DAE 2ª Leit.	DAE 3ª Leit.
L	3	6,32 *	24,47 **	27,74 **
P	1	0,496 ns	6,27 ns	4,91 ns
N	1	0,437 ns	0,342 ns	0,067 ns
L*P	3	4,14 ns	14,64 *	15,93 *
L*N	3	0,995 ns	1,37 ns	1,49 ns
P*N	1	3,63 ns	4,24 ns	5,34 ns
Bloco	2	3,64 ns	5,03 ns	5,56 ns
Resíduo	30	1,98	4,70	4,79
CV	(%)	13,60	14,77	14,76

Significativo a 1% de probabilidade, ** Significativo a 5% de probabilidade e ns não significativo; Coeficiente de Variação (CV), Lâminas (L), Adubação com fósforo (F), Adubação com nitrogênio (N) e Dias após a emergência (DAE).

Tabela 7. Médias das lâminas para o diâmetro.

Lâminas	Médias dos diâmetros		
	1ª Leitura	2ª Leitura	3ª Leitura
L ₁	10,48 a	14,70 ab	14,79 ab
L ₂	9,28 a	13,06 b	13,17 b
L ₃	10,82 a	16,52 a	16,84 a
L ₄	10,80 a	14,39 ab	14,49 ab

Nas Figuras 13,14 e 15, observa-se que os melhores valores que foram registrados foi a lâmina de 600 mm, onde o diâmetro caulinar obteve maior desenvolvimento.

Os valores médios de diâmetros foram em torno de 9,28 a 16,84 mm, portanto houve diferença significativa (Figura 14 e 15) e está variando entre um nível de 5 % de probabilidade.

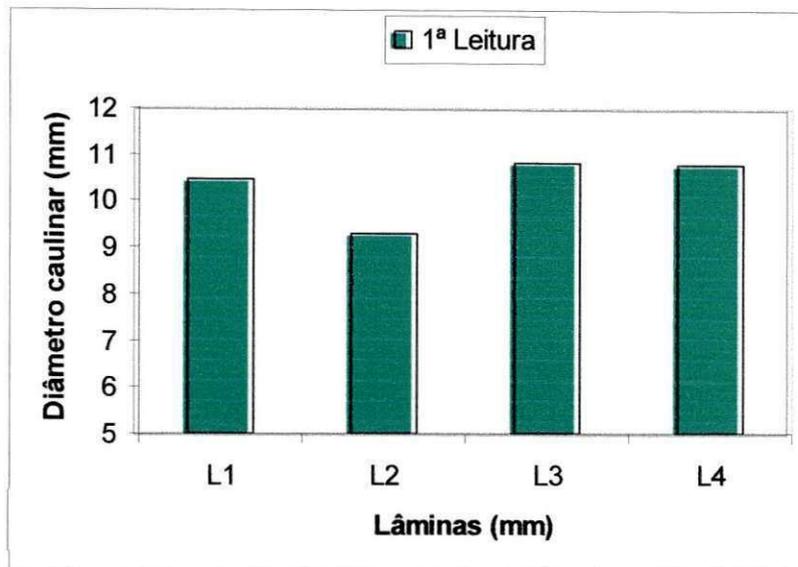


Figura 13. Diâmetro caulinar x lâminas na 1ª leitura

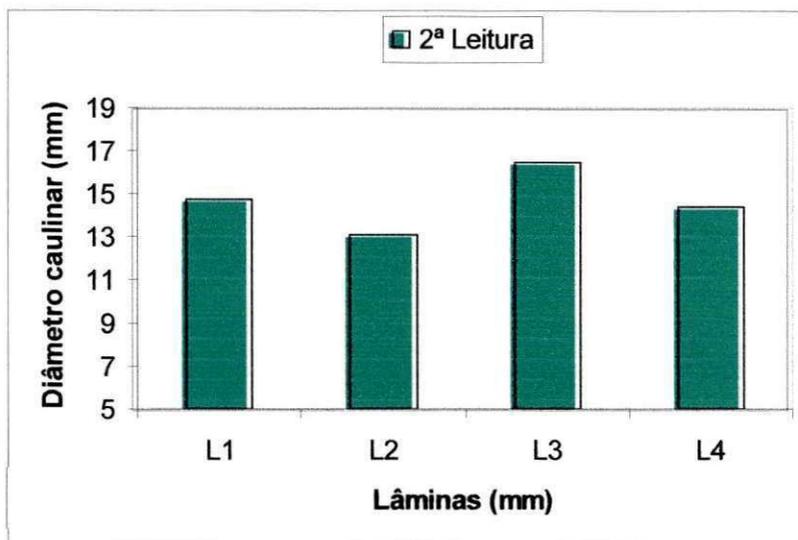


Figura 14. Diâmetro caulinar x lâminas na 2ª leitura

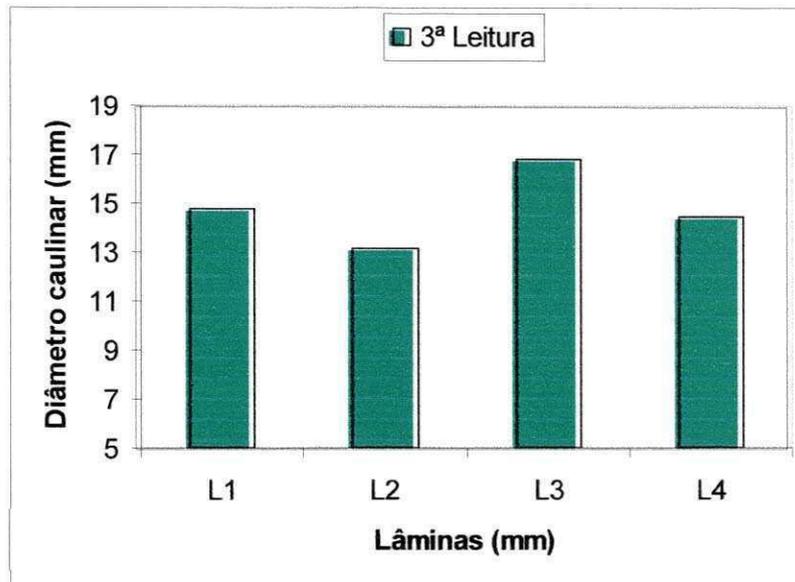


Figura 15. Diâmetro caulinar x lâminas na 3ª leitura

Tabela 8. Médias dos diâmetros para a adubação fosfatada

Médias do fósforo para o diâmetro	1ª Leitura	2ª Leitura	3ª Leitura
Com	10,25 a	14,30 a	14,50 a
Sem	10,45 a	15,03 a	15,14 a

Tabela 9. Médias dos diâmetros para a adubação nitrogenada

Médias do nitrogênio para o diâmetro	1ª Leitura	2ª Leitura	3ª Leitura
Com	10,44 a	14,58 a	14,78 a
Sem	10,25 a	14,75 a	14,86 a

Nas leituras dos diâmetros todos os resultados foram não significativos em um nível de probabilidade de 5 %. Nas Figuras 17 e 18 observa-se que os melhores valores foram registrados para o diâmetro com tratamento da adubação sem fósforo.

Analisando-se visualmente a Tabela 9 para todos os resultados estatísticos, não houve diferença significativa no tratamento do nitrogênio para o diâmetro caulinar com o fósforo na Tabela 8.

Mesmo os resultados estatísticos indicando que não houve diferença significativas para a variável diâmetro na ausência e presença de fósforo e nitrogênio exceto na 2ª e 3ª leitura, com a comparação dos dados de Sampaio et al (2006) os diâmetros encontrados neste trabalho foram satisfatórios para a variedade da Híbrido Lyra.

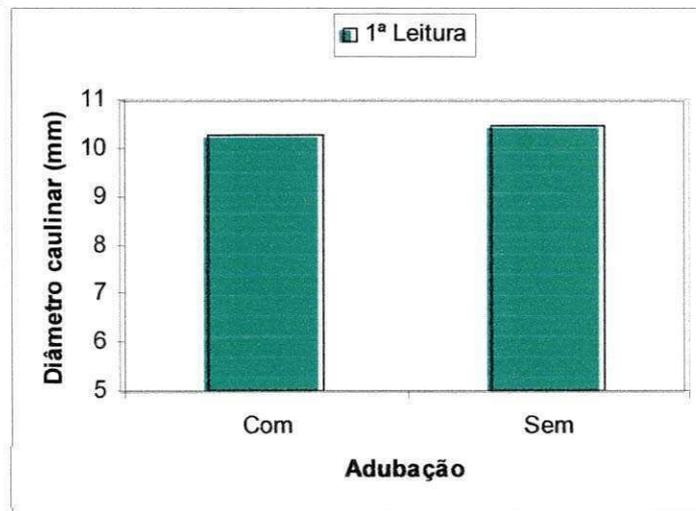


Figura 16. Diâmetro caulinar com fósforo x adubação na 1ª leitura

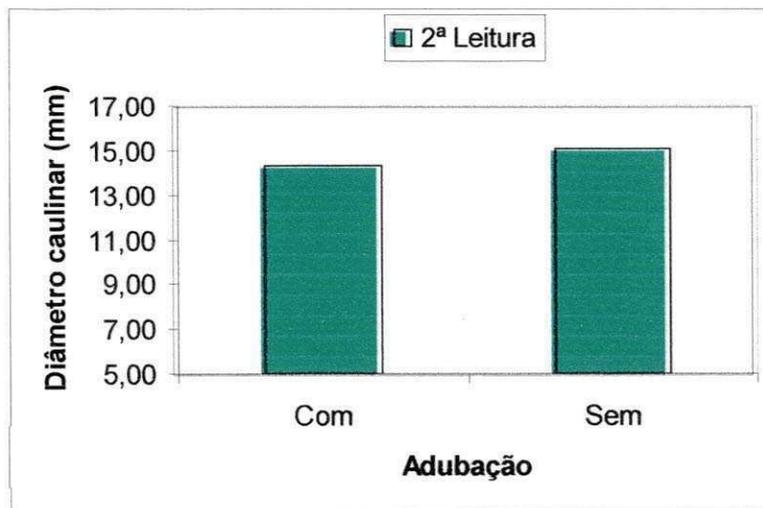


Figura 17. Diâmetro caulinar com fósforo x adubação na 2ª leitura

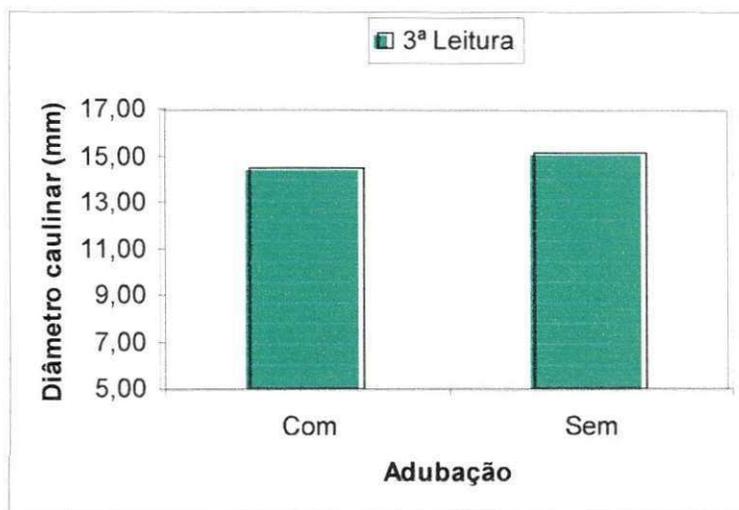


Figura 18. Diâmetro caulinar com fósforo x adubação na 3ª leitura

6.0. CONCLUSÕES

Todas as lâminas para as alturas tiveram os resultados não significativos, sendo, portanto recomendado o uso da lâmina 400 mm, com isso haverá uma maior economia de água.

As alturas encontradas neste trabalho foram satisfatórias para a variedade Híbrido Lyra, pois esta variedade é de porte baixo, recomendado para colheita mecânica.

O diâmetro com melhor resultado foi o da lâmina de 600 mm porque foi o que mais desenvolveu, porém esta cultivar de mamona com diâmetros de caule mais grossos, causam problemas por ocasião da colheita mecânica, sendo recomendado a lâmina de 400 mm.

Com relação ao sistema de irrigação foi satisfatório porem ocorreu alguns entupimentos durante todo o experimento, com tudo este problema não influenciou o desenvolvimento do experimento.

7.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOISSA óleos vegetais. ABOISSA, 2005. Disponível em: <http://www.aboissa.com.br/mamona/index.htm>>. Acesso em: 23 set. 2006.

AMORIM NETO, M. S.; ARAÚJO, A.E. de; BELTRÃO, N.E. de M. Clima e solo. In: AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F. (eds. tec.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p. 37-61, 2001

ARAÚJO, A. L. de. **Desempenho de colunas experimentais de solo irrigadas com água superficial poluída e cultivadas com alface (*Lactuca sativa*, L.)**. 1999. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1999.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande:UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO – Irrigação e Drenagem, 29).

BELTRÃO, N. E. DE M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia, In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. **O agronegócio da Mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 2, p.37-59.

BELTRÃO, N. E. de M. Mamoneira e seu cultivo no Nordeste brasileiro: Excelente opção para a agricultura familiar, em especial no Estado da Paraíba. **Bahia Agrícola**. v. 4, n. 2, p.21-22, 2001.

BELTRÃO, N. E. de M. **Torta de Mamona (*Ricinus communis* L.): Fertilizante e Alimento**. Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 2002. 5p. (Comunicado Técnico, 171).

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C. Os múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus Communis* L.) e a importância do seu cultivo no Brasil. **Fibras e Óleos**. n.31. agosto 1999. Informativo da Embrapa Algodão.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; MELO, E. de B. Mamona consorciada com feijão visando produção de biodiesel, emprego e renda. **Bahia Agrícola**. v. 5, n. 2, p.34-37, 2002.

BELTRÃO, N. E. DE M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia, In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. **O agronegócio da Mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 2, p.37-59.

BIODIESELBR. Disponível em: www.biodieselbr.com/plantas/mamona/estudos-mamona-sementes. Acessado em : 18 Fevereiro 2007

BRAGA, B.; HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; NUCCI, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 72-122p.

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. Conceito de reúso de água. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (eds.). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003. cap. 2. p.21-36.

CHIERICE, G. O.; NETO, S. C. Aplicação Industrial do óleo, In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Editores). **O agronegócio da Mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 5, p.89-118.

CONAB. Previsão e acompanhamento da safra 2002/2003, sexto levantamento, agosto/2003. URL: Disponível em: <http://www.conab.gov.br> Acessado em : Outubro 2003.

DUARTE, A. de S. **Desenvolvimento do pimentão irrigado com água residuária tratada**. 2002. 108f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

FERREIRA, G.B. et al **Deficiência de fósforo e potássio na mamona (ricinus communis L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura**. Embrapa Algodão. 2004

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Editores). **O agronegócio da Mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 13, p.295-333.

GUERRA, P. B. **A civilização da seca**. Ministério do Interior, DNOCS. Fortaleza, CE. 1981. 324p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE, 2005**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/bda/acervo2.aps>>. Acesso em: 03 out. 2006.

JORDÃO, E. P. & PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 720p.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003 a. p.37-95.

HESPANHOL, I. Saúde pública e reúso agrícola de esgotos e biossólidos. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003 b. p.97-123.

LEON, S. G.; CAVALLINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Tradução de GHERY, H. R.; KONIG, A.; CEBALLOS, B. S. O.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB. 1999. 108p.

MOREIRA, J.A.N.; LIMA,E.F.; FARIAS, F.J.C.; AZEVEDO, D.M.P. de. **Melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. Campina Grande. Embrapa – CNPA, 1996. 29p. Embrapa –CNPA. Documento, 44.

PARENTE, E. J. de S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: Tecbio, 2003. 66p.

PHILIPPI JÚNIOR, A. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003, p.37-95.

SAMPAIO, L.R., et al. **Crescimento inicial de dois genótipos de mamoneira influenciado pela temperatura noturna do ar e pela área foliar**. Universidade Estadual da Paraíba, Embrapa Algodão, 2006.

SANTOS, R. F. dos.; BARROS, M. A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. de T.; REQUIÃO, L. E. G. Análise Econômica. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Editores). **O agronegócio da Mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 1, p.17-35.

SAVY, F. A.; BANZATTO, N. V.; BARBOZA. M. Z. Mamona In: SAVY, F. A.; BANZATTO, N. V.; BARBOZA. M. Z **Oleaginosas no Estado de São Paulo: análise e diagnóstico**. Campinas, 1999, p.29-39.

SEAGRI. BA. Disponível em: www.seagri.ba.gov.br/mamoneira. Acessado em: 15 Março 2007.

SILVA, S. A. Comportamento de formas de enxofre, fósforo e nitrogênio em um reservatório profundo de estabilização tratando águas residuárias domésticas., In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2000, Porto Alegre. **Anais...Porto Alegre, 2000**.

SOUSA, J. T.; ARAÚJO, H. W. C. de.; CATUNDA, P. F. C. Reuso de esgotos sanitários para a agricultura. **4ª Conferência latino-americana sobre meio ambiente**, Belo Horizonte, 2001. Disponível em: <[http:// www.ecolatina.com.br](http://www.ecolatina.com.br)> .Acesso em 19/10/2003.

VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Tratamento Anaeróbio de Esgotos – Um manual para regiões de clima quente**. Campina Grande: Epgraf. 1994. 210p.

VON SPERLING, M. **Noções de qualidade de água, In: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: UFMG, 1996. 187p.

WEISS, E. A. **Oilseed crops**. London. Longman, 1983. 660p.

WIKIPEDIA. Disponível em: wikipedia.org/wiki/Biodiesel. Acessado em: 10 Março 2007.