

Universidade Federal do Ceará
Centro de Ciências Agrárias
Departamento de Ciências do Solo

EFEITOS DA ADUBAÇÃO NITROGENADA SOBRE A
PRODUÇÃO DA MAMONA IRRIGADA COM ÁGUA E
EFLUENTE DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO

ITALO REGES NECO CAPISTRANO

FORTALEZA - CE
2007

Efeitos da Adubação Nitrogenada Sobre a Produção da Mamona
Irrigada com Água e Efluente de Esgoto Doméstico Tratado

ÍTALO REGES NECO CAPISTRANO

Dissertação submetida à Coordenação do
Curso de Pós-Graduação em Agronomia,
Área de Concentração em Solos e Nutrição
de Plantas, da Universidade Federal do
Ceará, como parte das exigências para a
obtenção do grau de Mestre.

MARÇO - 2007
FORTALEZA - CEARÁ
BRASIL

Efeitos da Adubação Nitrogenada Sobre a Produção da Mamona
Irigada com Água e Efluente de Esgoto Doméstico Tratado

ÍTALO REGES NECO CAPISTRANO

MARÇO - 2007
FORTALEZA - CEARÁ
BRASIL

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará. Uma via do presente estudo encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca de Tecnologia da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Ítalo Reges Neco Capistrano

Dissertação aprovada em: ___ / ___ / ___

Prof. Boanerges Freire de Aquino- Ph-D
(Orientador)

Prof. Fernando F.F. Hernandez - Doutor
(Conselheiro)

Marlos Alves Bezerra - Doutor
(Conselheiro)

Aos meus pais Roberto Capistrano Costa e Lucia de Fátima de Abreu Neco que sempre acreditaram e apoiaram nesta busca pelo conhecimento

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a “Deus” por me dar força e conhecimento para superar todas as barreiras impostas sobre o meu objetivo final, a conclusão dessa pesquisa.

Em especial ao meu Orientador na pós-graduação, Professor Boanerges Freire de Aquino, pela amizade e pelos conselhos, que contribuíram tanto para a minha pesquisa como para a minha evolução profissional e pessoal.

Aos meus irmãos Saulo e Carolina e amigos Gleidson e Robert pelo companheirismo, amizade e incentivo para continuar trilhando o meu caminho.

.Aos colegas do Curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, Virginia, Raquel, Gislane, Tereza, Alessa, Ana Maria, Jaime, João Paulo, Antonio José e Maia e os colega do curso de Mestrado em Irrigação e Drenagem: Jefferson, pelo apoio a minha pesquisa e pelo companheirismo e amizade, fundamentais em qualquer ambiente de trabalho.

Aos Professores Ismail Soares, Raimundo Nonato de Assis Júnior, Fernando, Teógenes, Ricardo, Suetônio, Silvia e Marcos Esmeraldo, pelo apoio material e técnico, fundamentais para o andamento e conclusão da minha pesquisa.

Ao PROSAB e CT-HIDRP, em especial ao professor Suetônio Mota, pela indispensável ajuda nos trabalhos de campo.

Aos funcionários do departamento de Solos

A Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE), pela disponibilidade da área e funcionário para realização da pesquisa.

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pelo apoio financeiro imprescindível para a conclusão da dissertação e para a minha pós-graduação.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 A cultura da mamona	17
2.1.1 Botânica/descrição/cultivares	24
2.1.2 Biodiesel e a mamona	22
2.2 Importância da adubação	26
2.2.1 Adubação química	26
2.2.2 Adubação nitrogenada	28
2.2.3 Curva de resposta	29
2.3 O reúso de águas tratada	30
2.3.1 Considerações iniciais	30
2.3.2 Reúso na agricultura	33
3. MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1 Localização da área de estudo	36
3.2 Área de estudo	36
3.3 A cultura	37
3.4 Delineamento experimental	37
3.5 Tratamentos	38
3.6 Condução do experimento	38
3.7 Variáveis estudadas	41
4. RESULTADOS	43

4.1 Componentes de produção	43
4.1.1 Número de racemos	43
4.1.2 Comprimento do 1º racemo	44
4.1.3 Número de frutos do 1º racemo	44
4.1.4 Peso de 100 sementes	48
4.1.5 Produtividade de sementes	50
4.2 Componentes de crescimento	53
4.2.1 Altura do 1º racemo	53
4.2.2 Diâmetro caulinar	55
5. CONCLUSÕES	55
6. BIBLIOGRAFIA CITADA	58

LISTA DE TABELAS

		Página
Tabela 1	Área colhida, produção, importação e exportação de mamona em baga nos principais países, quinquênios, 1978/1982 a 1998/2002 e nos anos de 2003, 2004 e 2005.....	18
Tabela 2	Dados de produção para a cultura da mamona no Brasil, regiões e estados em 2004	19
Tabela 3	Características de algumas cultivares de mamona	21
Tabela 4	Dados dos campos de semente de mamona registrado para o ano de 2005 no Nordeste	22
Tabela 5	Principais fontes produtoras de biodiesel no Brasil	24
Tabela 6	Participação dos macronutrientes na formação e na qualidade da colheita	27
Tabela 7	Tipos de Reúso não potável e suas respectivas finalidades	32
Tabela 8	Características típicas do efluente secundário de esgoto tratado no mundo	33
Tabela 9	Tratamentos de adubação nitrogenada em Aquiraz-CE	38
Tabela 10	Atributos químicos do Argissolo Acinzentado eutrófico, nas profundidades de 0 -20 e 20 – 40 cm, Aquiraz-CE	38
Tabela 11	Características químicas do Efluente de Esgoto Domestico Tratado e da Água de Poço utilizados na Irrigação da cultura da mamona, Aquiraz, CE	39
Tabela 12	Análise de variância do comprimento do 1º racemo da mamona	45
Tabela 13	Comparação estatística (Teste de Tukey a 5% de probabilidade) entre as médias do comprimento do 1º. Racemo	45
Tabela 14	Tabela da análise de variância do número de frutos do 1º racemo da mamona	47
Tabela 15	Teste de Tukey para as médias referentes ao número de frutos do 1º racemo	47

Tabela 16	Tabela da análise de variância peso de 100 sementes (g) da mamona.	49
Tabela 17	Teste de Tukey para as médias referentes ao peso de 100 sementes ..	49
Tabela 18		51
Tabela 19	Teste de Tukey para as médias referentes à produtividade de semente	51
Tabela 20	Tabela da análise de variância da altura do 1º racemo da mamona	55
Tabela 21	Teste de Tukey para as médias referentes à altura do 1º racemo	55

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Mamona variedade Nordestina.....	4
Figura 2	Haste floral da mamona.....	7
Figura 3	Adubação nitrogenada mamona	15
Figura 4	Curva de resposta esquemática para um nutriente.....	16
Figura 5	Área experimental, Aquiraz-CE.....	24
Figura 6	Plantio mamona	27
Figura 7	Adubação mamona	27
Figura 8	Comprimento de 1. racemo	29
Figura 9	Número de racemos por planta da mamona em função da dose de N	31
Figura 11	Racemos mamona	31
Figura 12	Comportamento do n° de frutos do 1° racemo em função das doses de N na mamona BRS-149 Nordestina, Aquiraz,Ce, 2006.....	35
Figura 13	Comportamento do peso de 100 sementes (g) em função das doses de N na mamona BRS-149 Nordestina, Aquiraz,Ce, 2006.	37
Figura 14	Comportamento da produtividade (kg/ha) em função das doses de N na mamona BRS-149 Nordestina, Aquiraz,Ce, 2006.....	39
Figura 15	Comportamento da altura do 1° racemo em função da doses de N (kg ha ⁻¹) experimento 2.	42

RESUMO

A mamona (*Ricinus communis* L.), pode ser considerada uma cultura com muitas utilidades, dentre elas a de utilizar o seu óleo para produção de um biodiesel, combustível considerado ecologicamente limpo, ou seja, pouco ou não poluidor do ambiente. Além de trazer benefícios ambientais, a exploração da mamona possibilita, também, a geração de emprego. No presente estudo, conduzido em um Argissolo Acinzentado eutrófico, no município de Aquiraz (CE), foram investigadas as respostas da mamona (variedade BRS-149, Nordestina) a crescentes doses de nitrogênio (0, 30, 50, 70 e 90 kg N ha⁻¹), usando-se duas diferentes fontes de água para irrigação: água tratada e água de poço oriunda de estação de tratamento de esgoto doméstico (efluente). O experimento foi instalado e conduzido em condições de campo na estação experimental da CAGECE/PROSAB/CT-UFC no município de Aquiraz-CE. A área foi dividida em duas parcelas, sendo uma irrigada com Efluente de Esgoto Tratado e a outra irrigada com Água de Poço. O espaçamento utilizado foi de 1m entre plantas e 3 m entre filas. O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas subdivididas com 3 repetições. Foram avaliados componentes de produção e de crescimento. Foram obtidas produtividades de sementes de até 2250 kg N ha⁻¹ na parcela com Efluente de Esgoto e 2240 kg N ha⁻¹ na parcela irrigada com Água de Poço. As doses que promoveram maior produtividades de sementes foram: 70 e 90kg N ha⁻¹, para o Efluente de Esgoto Tratado e 50kg N ha⁻¹, para a parcela irrigada com Água de Poço. Doses crescentes de nitrogênio (Uréia), provocaram efeitos diferentes nas parcelas irrigadas com Efluente de Esgoto Doméstico e Água de Poço.

Palavras-chave: *Ricinus communis* L., mamona, adubação nitrogenada, efluente de esgoto tratado

ABSTRACT

The castor bean (*Ricinus communis* L.) can be considered as a commercial crop with multiple utilities, among them, the use of its seed oil for biodiesel production, a motor fuel considered ecologically clean. The present study was conducted under field conditions, in an Argissolo Acinzentado eutrophic soil, and had the objective to evaluate the castor bean yield (cultivar Nordeste BRS-149) response to nitrogen fertilization. The experimental design consisted of a split-plot model. One plot was irrigated with treated sewage effluent and the other with well water. Each plot was fertilized with five N rates in a form of Urea (T1=0, T2=30, T3=50, T4=70, T5=90 kg ha⁻¹ N), control treatment and three replications. The following parameters were evaluated: number of racemes/plant, first raceme length, 100 seed weight, kg of seed per hectare, first raceme height and stem diameter. The number of racemes/plant was significantly higher in the plot irrigated with treated sewage effluent than in the plot irrigated with well water. The type of irrigation did not cause differences in the first racemes lengths; however, differences occurred inside each plot as function of the N rate. The seed highest productivity was 2250 kg ha⁻¹ (rate of 90 kg N ha⁻¹) for the plot irrigated with treated effluent, while was 2240 kg ha⁻¹ (rate of 50 kg N ha⁻¹) for the plot irrigated with well water. The higher pH of the effluent may caused higher N volatilization, what may explain the higher N rate to reach maximum productivity in the effluent irrigated plot. The nitrogen fertilization caused significant increases in all parameters evaluated, except for 100 seed weight.

Keywords: *Ricinus communis* L., castor bean, nitrogen fertilization, treated sewage effluent.

1. INTRODUÇÃO

A mamona pode ser considerada uma cultura com muitas utilidades, dentre elas a de utilizar o seu óleo para produção de um biodiesel, combustível considerado ecologicamente limpo, ou seja, pouco ou não poluidor do ambiente. O óleo é resistente a altas temperaturas e apresenta grande viscosidade, podendo ser considerado uma alternativa renovável de combustível; a sua emissão, em termos de dióxido de carbono, é 78% menor quando comparada com as emissões dos combustíveis fósseis convencionais. Por apresentar clima quente e grande luminosidade o ano todo, o semi-árido Nordeste é considerado uma região ideal para o cultivo da mamona, planta resistente à seca e com boa capacidade de adaptação às diversas condições climáticas, requerendo para seu crescimento e desenvolvimento pelo menos 500mm de precipitação pluviométrica. Além de trazer benefícios ambientais, a exploração da mamona possibilita, também, a geração de emprego, principalmente para agricultura familiar que encontrará na mamona uma importante fonte de renda.

A cultura da mamona carece de informações sobre recomendações para fertilização do solo, pois há poucos relatos na literatura sobre seu comportamento em relação a aspectos como cultivares adequados, níveis de fertilidade do solo e recomendação de adubos e corretivos, clima e altitude, disponibilidade de água e outros. Porém, sabe-se que esta planta é um tanto exigente no que se refere à fertilidade do solo, sendo possível aumentar sua

produtividade pelo adequado fornecimento de nutrientes através da adubação (Severino, 2005).

Durante muitas décadas, o Brasil foi o maior produtor mundial de bagas de mamona, bem como o maior exportador do seu óleo. Porém, nos últimos anos o país vem apresentando declínio de produção, caindo para o terceiro lugar, sendo superado pela Índia e China. Atualmente, o estado da Bahia é responsável pelas maiores produções a nível nacional.

O Nordeste do Brasil é considerado uma região propícia para o cultivo da mamona. Por ter clima semi-árido numa extensão considerável de sua área total, o principal desafio da região se refere a sua clássica escassez de recursos hídricos, tanto do ponto de vista de reservas como de precipitação pluviométrica. Portanto, o uso alternativo de efluentes de esgoto, como fonte de água na irrigação, pode ser considerado oportuno para assegurar e aumentar a produtividade da mamona. Os efluentes de esgoto tratado quando dispostos nos cursos d'água tem ocasionado sérios impactos ambientais pelo aporte de matéria orgânica (incluindo possíveis organismos patogênicos) e nutrientes, principalmente N e P. Por outro lado, diversos países têm efetuado a disposição dos efluentes tratado no solo, mediante irrigação de plantas, com triplo propósito: tratamento complementar do efluente, fonte de água e de nutrientes para o sistema solo-planta.

Em regiões de clima árido e semi-árido, as pressões sobre os recursos hídricos são bastante críticas, devido à natural baixa disponibilidade de água nesses ambientes climáticos. Logo, inúmeras medidas vêm sendo tomadas e pesquisas são continuamente implementadas na busca de soluções para o problema da oferta hídrica nessas regiões. Apesar do efluente poder representar um problema ambiental, por outro lado, pode apresentar características desejáveis para um uso agrônômico sustentável. Características, por exemplo, que podem estar relacionadas com o seu potencial fertilizante, pois os efluentes contêm, em geral, níveis apreciáveis de nutrientes essenciais às plantas, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio. A utilização sustentável da irrigação com efluente de esgoto implicará em reciclar nutrientes e matéria orgânica dos mananciais de lagoas de estabilização, visando a economia de fertilizantes, a liberação de fontes alternativas de água para o consumo humano e a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo ao fornecer nutrientes e matéria orgânica.

Para assegurar a alta produtividade de uma cultura será necessário manejar eficientemente três fatores principais do solo: água, nutrientes e aeração. No caso da cultura

da mamona no Nordeste, estudos com nutrientes essenciais (adubação / correção do solo) são escassos ou até inexistentes. Pesquisas envolvendo a adubação e a correção do solo para esta cultura, e que se relacionam com os nutrientes e suas interações, devem merecer especial atenção, tendo em vista que altas produtividades não serão alcançadas se não forem realizados estudos dessa natureza. No presente estudo, conduzido em um Argissolo Acinzentado eutrófico, no município de Aquiraz (CE), foram investigadas as respostas da mamona a diferentes doses de nitrogênio, usando-se duas diferentes fontes de água para irrigação: água de poço e água tratada oriunda de estação de tratamento de esgoto doméstico (efluente). Especificamente, os objetivos da presente pesquisa foram:

- Estudar as respostas da mamona (*Ricinus communis* L.) às diferentes doses de adubação nitrogenada;
- Comparar os efeitos da irrigação com efluente de esgoto tratado e água de poço sobre a produção e outras características da planta, considerando-se a adubação nitrogenada e a calagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Cultura da Mamona

A mamona, mais conhecida como “carrapateira”, “rícino” ou “palma Christi”, pertence à família das Euforbiáceas do gênero *Ricinus* da espécie *communis L.* . Entre seus parentes mais próximos estão, a mandioca e o pinhão.



Figura 1- Mamona, variedade Nordestina BRS-149.

No Brasil, a mamona é conhecida desde a era colonial, quando das suas sementes era extraído o óleo para lubrificar as engrenagens e os mancais dos inúmeros engenhos de cana de açúcar (Beltrão, 2004). A mamona, segundo a maioria dos autores antigos, entre eles

Decanolo, tem como centro de origem a Etiópia e regiões circunvizinhas na África tropical. O início de sua domesticação parece ter ocorrido na Ásia Menor, sendo introduzida no Brasil pelos colonizadores portugueses no primeiro século do descobrimento (Távora, 1982).

Atualmente a mamona é cultivada em quase todo o mundo, principalmente nas zonas tropicais, subtropicais e temperadas quentes. O Brasil já foi o 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. Porém, nos últimos anos o país vem apresentando declínio de produção, caindo para o terceiro lugar em escala mundial (Tabela 1), sendo superado pela Índia e China. Atualmente, o estado da Bahia é responsável pelas maiores produções a nível nacional (Tabela 2). No Nordeste semi-árido brasileiro, concentra-se a produção nacional (80%). Na Bahia a cultura da mamona - ricinocultura - é importante para as regiões agrícolas de Irecê, Jacobina, Itaberaba, Senhor do Bonfim, Seabra, Brumado.

Tabela 1- Área colhida, produção, de mamona em baga nos principais países produtores.

Principais países	Médias quinquenais					Anos		
	1978/1982	1983/1987	1988/1982	1993/1997	1998/2002	2003	2004	2005
Área (ha)								
Índia	504.520	597.540	703.000	726.880	769.120	625.000	650.000	800.000
China	196.000	245.400	267.473	222.400	333.600	280.000	270.000	270.000
Brasil	414.967	379.809	247.473	119.361	133.880	130.230	165.430	214.751
Etiópia	11.600	12.000	13.040	13.900	14.500	14.500	14.500	14.500
Paraguai	21.240	22.260	16.958	11.587	8.890	8.000	11.000	10.000
Mundo*	1506.707	1.571.695	1.484.514	1.218.902	1.366.497	1.162,735	12.180,035	1.409,793
Produção (t)								
Índia	163.140	321.600	569.760	798.160	712.780	580.000	804.000	870.000
China	123.892	238.000	292.000	216.000	334.600	400.000	275.000	268.000
Brasil	281.376	235.960	130.546	53.833	67.758	86.888	149.099	176.743
Etiópia	11.600	12.000	13.040	14.060	15.100	15.000	15.000	15.000
Paraguai	20.580	23.572	18.961	15.972	11.439	10.000	13.000	11.000
Mundo*	875.367	1.008,113	1.149.896	1.192.280	1.366.497	1.144,318	1.311.679	1.393,812

Fonte: FAO, (2006).

Disseminada por diversas regiões do globo terrestre, e cultivada comercialmente entre os paralelos 40° N e 40° S. A expansão de seu cultivo deu-se sobretudo devido à adaptabilidade a diferentes condições ambientais e às diversas possibilidades de uso de seu principal produto, o óleo derivado das sementes.

Tabela 2 -Dados de produção para a cultura da mamona no Brasil, regiões e estados em 2004.

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Área plantada (ha)	%	Área colhida (ha)	Quant. Produzida (t)	%	Produtividade média (kg/ha)
Norte	-	-	-	-	-	-
Nordeste	167.282,00	96,00	163.994,00	126.662,00	91,29	772,00
Maranhão	-	-	-	-	-	-
Piauí	3.767,00	2,14	3.127,00	2.060,00	1,48	658,00
Ceará	9.172,00	5,21	9.172,00	7.358,00	5,30	802,00
Rio Grande do Norte	1.497,00	0,85	1.084,00	769,00	0,55	709,00
Paraíba	677,00	0,38	667,00	617,00	0,44	925,00
Pernambuco	2.546,00	1,45	2.246,00	1.733,00	1,25	771,00
Alagoas	-	-	-	-	-	-
Sergipe	-	-	-	-	-	-
Bahia	149.623,00	84,97	147.698,00	114.125,00	82,26	772,00
Sudeste	2.300,00	1,31	2.202,00	2.530,00	1,82	1.148,00
Minas Gerais	1.770,00	1,01	1.672,00	1.670,00	1,20	998,00
Espírito Santo	-	-	-	-	-	-
Rio de Janeiro	-	-	-	-	-	-
São Paulo	530,00	0,30	530,00	860,00	0,62	1.622,00
Sul	569,00	0,32	569,00	1.049,00	0,76	1.843,00
Paraná	569,00	0,32	569,00	1.049,00	0,76	1.843,00
Santa Catarina	-	-	-	-	-	-
Rio Grande do Sul	-	-	-	-	-	-
Centro-Oeste	5.939,00	3,37	5.939,00	8.504,00	6,13	1.431,00
Mato Grosso do Sul	754,00	0,43	754,00	646,00	0,47	856,00
Mato Grosso	5.185,00	2,94	5.185,00	7.858,00	5,66	1.515,00
Goiás	-	-	-	-	-	-
Distrito Federal	-	-	-	-	-	-
Total	176.090,00	-	172.704,00	138.745,00	-	803,00

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2006).

Dentre as várias utilidades da mamona (*Ricinus communis* L), pode-se destacar a sua utilização na fabricação de tintas, vernizes, cosméticos, sabão e outros produtos. Nos tempos atuais, por outro lado, a importância da mamona cresceu em virtude da possibilidade concreta da sua utilização como fonte de óleo para a produção do combustível biodiesel. O biodiesel, produzido a partir da mamona, é considerado como uma fonte de energia ecologicamente limpa. A superioridade do óleo de mamona, nesse caso, se justifica em virtude da sua maior viscosidade em relação aos outros óleos de origem vegetal, bem como devido a sua baixa emissão de substâncias poluentes, além do fato de manter essas propriedades mesmo quando submetido a altas temperaturas da ordem de 260 a 265° (Távora, 1982). Saliente-se que o óleo de mamona pode ser misturado ao diesel mineral (petróleo).

2.1.1 Botânica/Descrição/Cultivares

A mamoneira é conhecida como *Ricinus communis* L. classe Dicotiledoneae família Euforbiaceae. Também é chamada de carrapateira, bafoneira e baga.



Figura 2- Haste floral principal da mamona.

Possui raízes laterais e uma pivotante, que vai a 1,5m de profundidade, caule redondo, liso, esverdeado e coberto com cera; folhas verde-escuro, grandes, com 5 a 11 lóbulos; flores em panícula (cacho) terminal com flores masculinas (baixo), femininas e hermafroditas, com pólen viável por uma semana. Dependendo da variedade a mamoneira pode ter de 1,8m. até acima de 5m. de altura, bem como diferentes cores de folha e caule, tamanho da semente e conteúdo de óleo variáveis. Fruto em cápsula tricoca, deiscente ou indeiscente, semente com cor e tamanho variados, com 40-49% de óleo que tem como componente maior o ácido ricinoleico.

As cultivares de mamona para o plantio são classificadas segundo seu porte e grau de deiscência (abertura) do fruto maduro, a saber:

Quanto ao porte (altura da planta): Anão - porte até 1,8m; Médio - entre 1,8 e 2,5m; Alto - entre 2,5 e 5,0m.; Arbóreo - acima de 5,0m.

Quanto à deiscência do fruto: Deiscente - com abertura total; Semi-deiscente - com abertura parcial; Indeiscente - sem abertura do fruto.

Tabela 3 - Características de alguns cultivares da mamona.

Cultivar	Porte	Rendimento (sequeiro) (Kg/ha)	% Óleo	Peso 100 sementes
Nordestina (BRS 149)	médio	1.500	48,9	68
Pernambucana	médio	1.300	47,28	68
Baianita	médio	1.150	47,49	68
SIPEAL 28	médio	1.130	47,47	76

FONTE: Embrapa algodão C.T.25 / Folheto Embrapa EBDA BRS 149

Diversos cultivares estão disponíveis, variando em tipos de cachos, porte e deiscência dos frutos (Tabela 3), porém, dois cultivares são recomendados para o Nordeste: BRS 149-Nordestina e a BRS 188-Paraguaçu (Tabela 4), estudadas e disponibilizadas pela Embrapa. São variedades de boa rusticidade, resistência à seca, ambas produtoras de frutos semi-indeiscentes, que permitem que a colheita seja feita escalonada ou não. A produção pode chegar a 1500 kg ha⁻¹ em condições de sequeiro, e acima de 4000 kg ha⁻¹, em condições de irrigação (Embrapa, 2002).

A mamona não se adapta a solos de textura argilosa e de drenagem precária. São ideais para o cultivo da mamona os solos profundos de textura variável, com boa estrutura, boa drenagem, fertilidade média e pH 6,0 a 6,8. O terreno deve ter topografia plana à suavemente ondulada, sem erosão.

Tabela 4- Dados dos campos de sementes de mamona registrados para o ano de 2005 no Nordeste.

Estado	Variedade	Área de produção de sementes (ha)	Produtividade média (kg/ha)	Produção estimada (kg)	Volume beneficiado (kg)	Área de monocultura (ha)	Área de consórcio (ha)
BA	Guarani	24	1.200	28.800	25.920	2.400	4.800
CE	BRS-149	136,7	1.200	164.040	147.636	27.142	36.185
CE	BRS-188	17,2	1.200	20.640	18.576	3.271	4.361
RN	BRS-149	150	1.200	180.000	162.000	29.782	39.706
RN	BRS-188	100	1.200	120.000	108.000	19.016	25.352
PE	BRS-149	5	1.200	6.000	5.400	993	1.324
PB	BRS-149	10	1.200	12.000	10.800	1.985	2.647
PB	BRS-188	10	1.200	12.000	10.800	1.902	2.535
PB	IAC-226	50	1.200	60.000	54.000	5.000	10.000
TOTAL	-	502,9	-	603.480	543.132	91.491	126.910

Fonte: BNB, (2006).

Possui boa capacidade de adaptação edafo-climática, sendo encontrada vegetando desde o Rio Grande do Sul até a Amazônia. Por se tratar de uma planta tolerante à seca e exigente em calor e luminosidade, está disseminada em quase todo o Nordeste.

Necessita de chuvas regulares durante a fase vegetativa e de períodos secos na maturação dos frutos, com pluviosidade entre 600 e 700 mm; proporcionam rendimentos superiores a 1,5 mil kg ha⁻¹ (Beltrão 2004; Weiss, 1983). A cultura requer temperaturas entre 20-26° C°. A maior exigência de água no solo ocorre no início da fase vegetativa, produzindo, com viabilidade econômica, em áreas onde a precipitação mínima até o início da floração esteja entre 400 e 500 mm (Távora, 1982).

Segundo Beltrão (2003), a adubação da mamoneira é pouco estudada no Brasil, principalmente nos estados do Nordeste, grande região produtora, bem como nos cerrados do Centro-Oeste, região onde a cultura é emergente. Contudo, algumas recomendações são encontradas na literatura.

2.1.2. Biodiesel e a mamona

A origem do termo energia, em grego, é quase um sinônimo do termo *trabalho*. A sua definição mais usual diz que “energia é a capacidade de produzir trabalho”. Compreender a energia na história do mundo é esperar o inesperado, segundo Flavin (2000). Atualmente, mesmo com uma mudança para tecnologias mais eficientes em energia, baseadas em recursos renováveis, a sociedade terá que enfrentar padrões básicos de consumo, a fim de tornar a economia energética sustentável.

A transformação de oleaginosas em biodiesel é um processo relativamente simples, em que se reage o óleo vegetal com etanol ou metanol na presença de um catalisador. Porém, os tipos de plantas oleaginosas e os processos para a produção de biodiesel dependem da região a ser considerada. Por exemplo, nos estados do Amazonas e Pará, com clima úmido equatorial, com solo fértil de pequena profundidade e elevada taxa de pluviosidade, que pode ocasionar excessiva erosão, não permitem plantio de culturas temporárias. Assim, a produção de oleaginosas de palmeiras, com destaque em dendê, é a mais recomendada. Nos estados do Maranhão e Tocantins e parte do Piauí, Goiás, Mato Grosso e Pará, há predominância de babaçu, com cerca de 17 milhões de hectares plantadas. Na região semi-árida do Brasil, que abrange quase todos os estados do Nordeste e norte de Minas Gerais, o plantio de oleaginosas pode se basear em lavoura de sequeiro, isto é, sem irrigação, como é o caso da mamona e do algodão. Vale lembrar que o semi-árido Nordestino, possui nas suas zonas rurais, mais de 2 milhões de famílias que convivem com secas periódicas.

A cultura de mamona é importante para a economia dessas regiões, por ser resistente à seca, fixadora de mão-de-obra, geradora de empregos e de matéria-prima para diversos usos. O Nordeste possui potencial, segundo dados da EMBRAPA, para cultivo de até 6 milhões de hectares de mamona, suficientes para a produção de 4,4 bilhões de litros de biodiesel, e com uma produção de, aproximadamente, 3 milhões de toneladas de torta de mamona, que poderiam beneficiar 1,5 milhões de hectares, ou seja, uma média de 2 toneladas por hectare, como fertilizantes e repositores do solo.

Segundo Penteadó (2005), para o Brasil, o biodiesel apresenta uma alternativa energética que traz uma série de vantagens entre as quais pode-se destacar:

- O biodiesel é um sucedâneo do óleo diesel, combustível mais consumido no país;
- Pode gerar a substituição de um combustível fóssil (diesel), por combustível renovável (Biodiesel);

- A utilização do Biodiesel reduz a dependência externa do Brasil, em relação ao seu combustível de maior consumo;
- A utilização do Biodiesel pode viabilizar a distribuição de óleo diesel em regiões isoladas que possam produzi-los;
- O Biodiesel pode fortalecer o agronegócio e promover o crescimento regional.

Os primeiros ensaios de produção de biodiesel no Brasil foram realizados no estado do Ceará, em 1979, tendo sido lançado com o nome PRODIESEL, no dia 30 de outubro de 1980. De acordo com Meireles (2003), o primeiro relato que se tem sobre biodiesel no Brasil remonta aos anos 60 nas Indústrias Matarazzo, onde experiências realizadas para obtenção de óleo comestível do café, gerou um fenômeno na reação do álcool de cana com o óleo, redundando em éster etílico, ou biodiesel como é chamado hoje.

Segundo Amorim (2005), este fenômeno Biodiesel, voltou a ser estudado nos anos 80 pelo Professor Expedito Parente, da Universidade Federal do Ceará, que é o autor da patente PI 8007957. Esta foi a primeira patente a nível mundial de biodiesel e querosene vegetal de aviação. Nesta década, já eram realizados debates entre as indústrias automobilísticas e pesquisadores sobre a utilização do biodiesel como alternativa ao diesel importado. Contudo, não houve a efetiva implantação do programa no Brasil, levando os pesquisadores a apresentarem seus estudos em outros países que aderiram prontamente à idéia, como foi o caso da Áustria e França que deram início à produção em 1988. Além da mamona, foram utilizados outras matérias-primas para a produção de biodiesel como os óleos de soja, amendoim, algodão, girassol, dendê e outros (Alves, 2004).

A tabela 5 apresenta as principais culturas com potencial de produção de biodiesel. Observa-se que a mamona é a cultura que apresenta o maior rendimento de óleo, embora, em termos de rendimento por hectare, o babaçu apresenta as melhores condições. Com relação à produtividade de óleo, o dendê é a cultura que apresenta a melhor condição.

Tabela 5-Principais fontes produtoras de biodiesel no Brasil.

Culturas	Teor de óleo(%)	Produtividade (kg/ha/ano)	Produtividade de óleo (kg/ha/ano)
Mamona	49	1.500	750
Girassol	42	1.600	672
Amendoim	39	1.800	702
Gergelim	39	1.000	390
Canola	38	1.800	684
Dendê	20	10.000	2.000
Soja	18	2.200	396
Algodão	15	1.800	270
Babaçu	4	15.000	600

Fonte: Petrobrás (2003) apud Alves (2004).

Além de matéria prima para produção de biodiesel, a mamoneira será de grande importância sócio-econômica, visto que contribuirá para o desenvolvimento do semi-árido, região há muito tempo esquecida, mas que agora encontra na mamona, uma importante fonte de ocupação e renda para a agricultura familiar. “Essa oleaginosa se constitui num considerável potencial para a economia do País, tanto como cultura alternativa de reconhecida resistência à seca, como fator fixador de mão-de-obra, gerador de emprego e matéria-prima para a indústria nacional” (Azevedo & Lima, 2001).

A produção de biodiesel a partir da mamona, pode ser apontada como causa central de uma corrida de empresários e produtores rurais, em geral, para a produção da oleaginosa em várias regiões do país, dentre elas o estado Ceará, onde já foram zoneados 85 municípios para o cultivo da mamona em 2004, segundo informações da SEAGRI (2005). “A produção de óleo diesel a partir da mamona pode reduzir a importação de combustível, além de promover inclusão social através da agricultura familiar. O Brasil importa 16% do diesel que consome, a custos superiores de 1 bilhão de dólares por ano.” Smiderle, (2004). O biodiesel é sem dúvida uma alternativa de fonte de energia limpa e renovável e que nos próximos anos terá uma grande participação no consumo de combustíveis de veículos automotores, além de promover o crescimento sócio-econômico do Nordeste..

2.2 – Importância da adubação

A adubação é uma das principais tecnologias usadas para aumento da produtividade e da rentabilidade das culturas, embora, às vezes, possa representar um custo elevado, podendo, assim, aumentar o risco do investimento feito na lavoura. A adubação não é uma prática que possa ser considerada isoladamente, devendo, portanto, ser avaliada em conjunto com as outras práticas que também afetam a produção. São exemplos: a calagem, a irrigação, o uso de variedades mais produtivas, o emprego de defensivos, o espaçamento e o preparo eficiente do solo. Em qualquer sistema de produção agrícola, é de fundamental relevância o estudo das importantes interações que podem ocorrer entre os fatores de produção.

A adubação visa primordialmente o aumento da produtividade. No caso da mamona, objetiva-se a produção de óleo por área. Porém, o incremento puro e simples da produtividade de biomassa pode não ser importante se a produtividade do óleo não for favorecida. Portanto, produzir massa verde sem atingir a qualidade do produto que vai para o mercado não é mais de interesse da conjuntura mercadológica atual. Os estudos, então, que envolvem nutrição e adubação tendem seguir essa nova linha de raciocínio de mercado, onde produção e qualidade são exigências a serem devidamente consideradas. No caso, as pesquisas com interações e níveis de nutrientes a serem aplicados no solo passam a assumir uma importância fundamental para o manejo racional da cultura da mamona.

A adubação, além de manter a produção dos solos produtivos, pode tornar um solo pobre em fértil. À medida que se cultiva o solo, os nutrientes se escasseiam devido às colheitas sucessivas. As produções ficam prejudicadas pela desnutrição e enfraquecimento das plantas. Para que as plantas voltem a produzir, é necessário devolver ou fornecer ao solo os nutrientes que lhe faltam. Estes nutrientes, que podem ser de origem mineral ou orgânica (pela transformação ou decomposição), ficam a disposição da planta e quando assimilados aumentam a produção.

Santos et al. (2004) e Ferreira et al. (2004) descreveram os sintomas de deficiência de N, P, K e micronutrientes na mamona da cultivar BRS 149 Nordestina e demonstraram que os macronutrientes afetam não só o crescimento vegetativo, mas, também, o ciclo reprodutivo, enquanto os micronutrientes apresentaram maiores efeitos sobre o ciclo reprodutivo.

2.2.1 Adubação química

O aumento do rendimento das culturas tem se constituído em uma das metas mais perseguidas na busca de maior eficiência do processo de produção agrícola. Os fertilizantes industrializados têm desempenhado um papel decisivo, por viabilizarem ganhos significativos no incremento da produção de muitas espécies cultivadas.

Os elementos químicos necessários ao crescimento e desenvolvimento das plantas, e que são exigidos em grandes quantidades, são chamados de macronutrientes. São eles: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). Como seus requerimentos pelas culturas são grandes, é comum ocorrerem deficiências desses nutrientes em solos intensamente cultivados. A tabela 6 mostra as principais funções de cada micronutriente.

Tabela 6- Participação dos macronutrientes na formação e na qualidade da colheita.

Elemento	Papéis
Nitrogênio	Estimula a formação e o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas, maior vegetação e perfilhamento; aumenta o teor de proteína
Fósforo	Acelera a formação de raízes; aumenta a frutificação; apressa a manutenção dos frutos; aumenta o teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteínas, ajuda a fixação simbiótica de nitrogênio.
Potássio	Estimula a vegetação e o perfilhamento (gramíneas); aumenta o teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteínas, estimula o enchimento de grão, Diminuindo o chochamento, promove armazenamento de açúcar e amido; ajuda a fixação simbiótica de nitrogênio, aumenta a utilização de água, aumenta a resistência a secas, geadas, pragas e moléstias.
Cálcio	Estimula a fixação das raízes, aumenta a resistência a pragas e moléstias, auxilia a fixação simbiótica de nitrogênio, maior pegamento das floradas.
Magnésio	Colabora com o fósforo.
Enxofre	Aumenta a vegetação e a frutificação, aumenta o teor de óleos, gorduras e proteínas, ajuda a fixação simbiótica de nitrogênio.

Fonte: Malavolta, (1997).

A mamona exporta da área de cultivo cerca de 80 kg de N, 18 kg de P₂O₅ e 32 kg de K₂O, 13 kg de Ca e 10 kg de MgO para cada 2000 kg ha⁻¹ de baga produzida (Canecchio Filho e Freire, 1958), valores confirmados posteriormente por Nakagawa e Neptune (1971).

Entretanto estes autores mostram que a absorção de nutrientes da parte aérea aos 133 dias de germinação chega a 156, 12, 206, 19 e 21 kg de N, P₂O₅, K₂O, CaO e MgO, respectivamente. Com isto observa-se que a mamona tem alto requerimento de nutrientes para se obter uma produtividade adequada (Santos, 2004).

2.2.3 Adubação Nitrogenada

O Nitrogênio é o nutriente mais exigido pelas plantas. O fertilizante nitrogenado é o mais consumido no mundo, apesar de no Brasil, os adubos mais consumidos serem os fosfatados e os potássicos. É um elemento extremamente importante na síntese de proteínas pelas plantas, e pode vir a ser um fator limitante na produção de alimentos (Paganini, 1997). Segundo Ayres e Westcot (1991), o nitrogênio contido nas águas de irrigação tem o mesmo efeito para as plantas que o nitrogênio aplicado com os fertilizantes. Portanto, a aplicação em quantidades excessivas com a irrigação pode aumentar o crescimento vegetativo, retardar a maturação ou provocar colheitas de baixa qualidade.



Figura 3 – Mamona (variedade Nordestina), experimento adubação nitrogenada. Aquiraz-CE

As plantas superiores são capazes de absorver (ou adquirir, para usar uma expressão mais abrangente) o N de diferentes formas: NH₃ (no caso das leguminosas, o NH₃ é sintetizado a partir do da fixação simbiótica do N₂; essa fixação pode ocorrer em gramíneas

via outros tipos de associações com bactérias), NH_4^+ (originado da reação do NH_3 com água) e, predominantemente nas condições naturais e aeróbicas, como NO_3^- .

Quantidades excessivas de nitrogênio podem prolongar o período de crescimento vegetativo, produzindo uma vegetação excessiva, retardando a maturidade, tornando os tecidos moles, sem resistências às pragas e doenças, especialmente quando o suprimento dos demais elementos (com ênfase para o potássio) não é adequado. A sua falta produz vegetação fraca, órgão vegetativos reduzidos e folhas de coloração amarelada.

O uso de adubos nitrogenados constitui um fator importante na determinação do rendimento das culturas, sendo sua eficiência determinada pela dose e época de aplicação. A ação do nitrogênio ocorre em todos os órgãos da planta, e a combinação das melhores doses e épocas de aplicação pode resultar em melhores rendimentos de grãos (Carvalho & Pissaia, 2002). O processo de absorção e acúmulo de nutrientes é dependente do sistema de cultivo como formas e épocas de aplicação empregada, além das características genéticas da planta, de solo e do clima.

Das fontes de nitrogênio disponíveis para aplicação em cobertura, à uréia é o fertilizante mais comercializado no país. Quando incorporado ao solo em profundidades entre 5 e 10 cm, as perdas por volatilização são reduzidas.

2.2.4 Curvas de respostas

Curvas de resposta são de fundamental importância em estudos de fertilidade do solo. Há várias maneiras de se obtê-la, a mais simples sendo aquela em que se determina como a produção de uma cultura varia com o detrimento de um nutriente adicionado ao solo. Sempre que possível, as curvas de resposta para adição de nutrientes deveriam ser conhecidas. É um avanço sobre a idéia mais simples, de um nutriente adicionado ao solo proporcionar ou não, uma resposta em termos de aumento de produção (Raij, 1939).

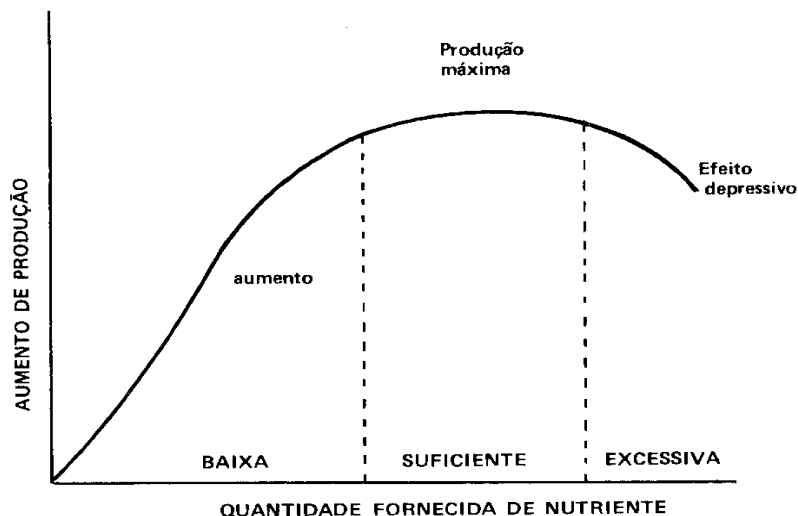


Figura 4 – Curva de resposta esquemática para a aplicação de um nutriente, Raij, (1981).

A figura 3 mostra uma situação em que a curva de resposta passa por todos os estágios: aumento, deficiência, e efeito depressivo. Na prática a curva de resposta pode iniciar em qualquer ponto, por existirem nos solos quantidades variáveis de nutrientes. Assim, tanto podem ser obtidos aumentos consideráveis, como pode não haver influencia na produção, ou ocasionalmente, o nutriente aplicado pode não ter efeito depressivo (Raij,1932b).

É de grande importância tentar avaliar a fertilidade do solo, a fim de obter o máximo retorno dos nutrientes aplicados, e também, evitar aplicações elevadas onde elas se fazem desnecessárias ou onde podem ter efeito depressivo.

2.3 O reuso de água tratada

2.3.1 Considerações iniciais

A água é um recurso natural essencial à vida, ao desenvolvimento econômico e ao bem estar social. Embora encontrada em abundância no território nacional, já apresenta comprometimento da sua quantidade e qualidade, principalmente nas regiões próximas aos grandes centros. A crescente preocupação com a preservação dos recursos hídricos e a conservação do meio ambiente, têm conduzido criação de uma legislação, mais rigorosa e eficiente, no intuito de proteger a quantidade e qualidade dos recursos ambientais (Medeiros, 2005).

Procurando adequar-se a esta nova política, a sociedade vem buscando tecnologias de menor custo que minimizem os efeitos negativos de suas atividades. Dentre as tecnologias disponíveis, para o tratamento de água residuária de origem doméstica ou destino final dos efluentes líquidos, destaca-se o método de disposição de água no solo, cuja técnica vem sendo utilizada em grande escala, em várias locais do mundo, sobretudo em regiões áridas e semi-áridas. No processo de tratamento por disposição no solo utiliza-se do sistema solo-planta para a degradação, assimilação e imobilização dos constituintes da água residuária, e dos produtos de sua transformação no meio (Medeiros 2005).

Dentre os fatores de produção, a água é aquele que, geralmente, mais limita os rendimentos das plantas cultivadas. A região Nordeste, apesar de nela chover em média tanto quanto em muitas regiões do mundo, caracteriza-se por apresentar uma grande variabilidade de precipitação anual e, conseqüentemente, o comportamento da cultura em relação ao rendimento é muito variável (Santos, 2002).

A região semi-árida do nordeste do Brasil é caracterizada por apresentar um curto período chuvoso, temperatura elevada e alta taxa de evaporação. Quanto a quantidade de água no solo disponível à planta nessa região, registram-se uma deficiência hídrica na grande maioria meses do ano. Portanto, o uso alternativo de efluentes de esgoto, como fonte de água na irrigação, pode ser considerado oportuno para assegurar e aumentar a produtividade da mamona. O reúso planejado de águas residuárias domésticas na agricultura vem sendo apontado como uma medida oportuna para atenuar o problema da escassez hídrica no semi-árido, sendo uma alternativa para os agricultores localizados especificamente nas áreas circunvizinhas das cidades (Souza et al, 2003).

No Brasil, a Agência Nacional de Água – ANA criou uma equipe de estudos para desenvolver um programa nacional de reúso de água, como uma das soluções para diminuir a coleta dos mananciais e prolongar a reserva hídrica dos rios. O estudo da ANA, cujo projeto foi aprovado pelo Congresso em julho de 2000, reflete uma mentalidade avançada do país quanto á busca do uso sustentável dos recursos hídricos (Hespanhol, 2003). No entanto, segundo Mancuso e Santos (2003a), atualmente, não há nenhuma forma de ordenação política, institucional, legal ou regulatória que oriente as atividades de reúso praticadas no território nacional.

A necessidade de desenvolvimento de técnicas para reutilização de água, torna-se evidente quando avaliada a deficiente de infra-estrutura sanitária existente no mundo, principalmente nos países em desenvolvimento. Segundo Leon & Cavallini (1999), estima-se que apenas 49% da população da América Latina seja beneficiada com redes de esgoto, despejando diariamente cerca de 40 milhões de metros cúbicos de águas residuárias em rios, lagos e mares, causando impacto ecológico, social e econômico.

De acordo com Mancuso e Santos (2003b), o reuso de águas pode ser classificado em:

- Reúso potável direto: trata-se da utilização direta de efluentes rigorosamente tratados como água para abastecimento humano;
- Reúso potável indireto: trata-se simplesmente da utilização da água proveniente de fontes hídricas que já receberam esgotos;
- Reúso não-potável (tabela 6): trata-se da utilização de efluentes tratados para atividades que não requerem água potável, como: agrícola, industrial; municipal (irrigação de áreas verdes, limpeza, hidrantes); aquíicultura (piscicultura); recarga de aquíferos; ambiental (paisagismo e recreativo) e doméstico (descarga sanitária).

Tabela 7 - Tipos de Reuso não potável e suas respectivas finalidades.

Tipo de reuso	Finalidades
Agricultura	Irrigação de culturas regionais
	Irrigação de áreas de pastagem
Recreação e público	Irrigação de parques
	Campo esportivo
	Lagoas ornamentais
Indústria	Torre de resfriamento
	Trocador de calor
	Caldeira
Diluição de esgotos	Manutenção de vazões mínimas
	Condições de lançamento

Doméstico	Descarga sanitária
	Lavagem de carro
	Área verde de condomínio
Aqüicultura	Produções de peixes e camarões
	Plantas aquáticas
Recarga de aquíferos	Complementação do nível de aquíferos em região litorânea

Fonte: Sousa e Leite, 2002.

2.3.2. Reúso na Agricultura

Atualmente, e devido ao elevado consumo de água pela agricultura, e em razão da sua escassez, muitos países têm optado pelo aproveitamento de águas residuárias na agricultura (disposição de água no solo), em particular as de origem urbana. Segundo van der Hoek et al. (2002), sendo as maiores vantagens do aproveitamento da água residuária: economia da água potável disponível; agregar um uso tendo em vista a sua grande disponibilidade; possibilitar o aporte e a reciclagem de nutrientes (reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos) e contribuir para um uso que pouco ou não compromete a preservação do meio ambiente.

O uso de águas residuárias é uma prática que vem ganhando grande importância, com a redução da disponibilidade de recurso hídricos de boa qualidade. Nas cidades do Nordeste brasileiro, como Lagoa Seca PB, ocorrem produções de água de esgoto domésticos que, em geral, é perdida; considerando a carência de água na região e a ocorrência de secas periódicas e constantes, além de outros aspectos, há necessidades de se dar uso racional a essa fonte hídrica (Filho, 2005). Esse mesmo autor constatou que, apesar de proibido, alguns agricultores utilizam essa água, sem maiores cuidados de manejo, para irrigar culturas alimentares, como hortaliças e cereais.

A disposição de efluentes no solo baseia-se no princípio do sistema solo-planta atuar como verdadeiros “filtros-vivos”, absorvendo e retendo os constituintes do efluente de esgoto tratado. Para que esta prática se torne sustentável, o entendimento das alterações químicas

ocorridas no solo, e a avaliação da nutrição mineral das plantas são cruciais. Neste aspecto, poucos estudos têm sido realizados nos trópicos, sobretudo no Brasil.

Segundo Snel (2002), existem várias vantagens do reúso de efluentes, principalmente na agricultura, a citar:

- Redução da poluição de rios, canais e outros recursos hídricos superficiais;
- Conservação da água;
- Aumento da produção das culturas;
- Método de baixo custo para disposição de esgotos municipais;
- Conservação de nutrientes, redução da necessidade de fertilizantes químicos na agricultura;
- Provisão de um suprimento de água confiável para áreas agrícolas;

No entanto, isto não pode ocultar o fato de existir um efeito negativo da irrigação com efluente de esgoto, que não pode ser ignorada, incluindo-se:

- Risco à saúde dos agricultores e comunidades consumidoras de produtos irrigados com esgoto não tratado;
- Contaminação de aquíferos (nitratos);
- Acumulação de poluentes químicos no solo (metais pesados);
- Criação de habitat para diversos vetores;
- Excessivo crescimento de algas e vegetação em canais de distribuição de esgoto (eutrofização).

O reúso representa uma alternativa viável de água para fins não-potáveis, principalmente, para o Estado do Ceará, cuja área geográfica é quase que totalmente inserida no contexto do semi-árido nordestino. Com o aumento da população e a ampliação de parques ambientais, a aplicação de esgoto tratado na agricultura parece ser a melhor alternativa sob o aspecto econômico e ambiental, por apresentar menor custo de disposição e promover a reciclagem de matéria orgânica e nutrientes, principalmente de N e P.

Segundo (Medeiros, 2005), os efeitos da aplicação de água residuária nas propriedades químicas do solo, só são pronunciados após longo período de aplicação, considerando os parâmetros que definem sua composição física e química, as condições de clima e os tipos de solo. Ayers& Westcot (1999), relatam que a limitação principal do uso de águas residuárias na agricultura é a sua composição química (totais de sais dissolvidos, presença de íons tóxicos e concentração relativa de sódio) e a tolerância das culturas a este tipo de efluente. Segundo Pizarro (1990), os sais solúveis contidos nas águas de irrigação podem, em certas condições climáticas, salinizar o solo e modificar a sua composição, alterando as características físicas e químicas do solo, como o regime de umidade, aeração, nutrientes, desenvolvimento vegetativo e produtividade faz plantas. A tabela 7 mostra algumas características do efluente de esgoto tratado no mundo, onde pode-se observar a grande concentração de nutrientes, característica ideal para seu uso na agricultura.

Tabela 8- Características típicas do efluente secundário de esgoto tratado no mundo.

Constituinte	Variação
	Mg L ⁻¹
Sólidos totais	400-1200
Sólidos suspensos	10-100
Sólidos dissolvidos	400-1100
DBO (demanda bioquímica de oxigênio)	10-80
DQO (demanda química de oxigênio)	30-160
Carbono orgânico natural	10-30
N-total	10-50
N-NO ₃ ⁻	0-10
N-NH ₄	1-40
P-total	6-17
CL	40-200
Alcalinidade (como CaCO ₃)	200-700
Na	50-250
K	10-40
Ca	20-120
Mg	10-50
B	0-1
Concentração total de sais	100-800
pH	7,8-8,1
RAS (razão de absorção de sódio)	4,5-7,9

Fonte: Bouwer e Chaney (1974); Feigin et al. (1981)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área de estudo

O experimento foi instalado e conduzido em condições de campo na estação experimental da CAGECE/PROSAB/CT-UFC, no município de Aquiraz situado a $-3^{\circ} 54' 05''$ S e $38^{\circ} 23' 28''$ W. Situado a 45 km de Fortaleza, o experimento foi realizado no período de junho de 2006 a janeiro de 2007.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Acinzentado eutrófico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999).

3.2. Área experimental

A área experimental foi de aproximadamente 960 m^2 , inserida no projeto do Centro de Pesquisa de Reúso de Água, CAGECE/PROSAB/Centro de Tecnologia – UFC .



Figura 5- Área experimental, Aquiraz-CE

A área de (60 m × 24 m) foi subdividida em duas parcelas, sendo uma irrigada com Efluente de Esgoto Tratado e outra irrigada com Água de Poço, o espaçamento utilizado foi de 1m entre plantas e 3 m entre filas.

3.3. Cultura

A cultura em estudo foi à mamona (*Ricinus communis* L.), variedade BRS-149 (Nordestina) ciclo de 250 dias(sequeiro), caracterizada por apresentar porte médio, até 1,70 m de altura, caule esverdeado e produtividade máxima, podendo chegar a 2400 kg/ha de bagas em sistema irrigado.

3.4. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas subdivididas, com duas parcelas, sendo uma irrigada com Efluente de Esgoto Doméstico Tratado e outra com Água de Poço; cada parcela estava constituída de 5 tratamentos, uma testemunha absoluta, que recebeu somente efluente de esgoto ou água de poço, e três repetições, com um total de 18 subparcelas. A área total foi de 1040 m² (40m x 26m), sendo cada parcela composta de 6 plantas (considerando somente 4 plantas úteis).

3.5. Tratamentos

Tabela 9 -Tratamentos de adubação nitrogenada em Aquiraz-CE.

Tratamentos	Doses de N (kg ha ⁻¹)
	Experimento 1 e 2
T1	0
T2	30
T3	50
T4	70
T5	90

Após o desbaste, cada cova ficou com uma planta e a adubação por cova consistiu (em proporções por ha) de: 5 doses de Nitrogênio (0/30/50/70/90 kg/ha), uma testemunha absoluta, que recebeu somente Efluente de Esgoto ou Água de Poço, mais a adubação básica de 50 kg/ha de P, 80 kg/ha de K e 50kg/ha de FTE BR-12; foram também adicionados 4 litros de esterco bovino curtido e 50g de calcário dolomítico por cova. As formas dos adubos químicos foram: N-uréia, P-superfosfatosimples e K-cloreto de potássio. A irrigação se procedeu de acordo como especificado para cada parcela: com Água de Poço e Efluente de Esgoto Doméstico Tratado.

3.6. Condução do experimento

3.6.1. Coleta e análise de solo

Foi realizada coleta de solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm de acordo com a metodologia de amostragem de solo (UFC, 1993).

Tabela 10-Atributos químicos do Argissolo Acinzentado eutrófico, nas profundidades de 0 -20 e 20 – 40 cm, Aquiraz-CE.

Profundidade	pH	CE	P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ + AL ³⁺	SB	T	V
--cm--			--mg/dm ³ --		-----cmol _c /dm ³ -----					%
0-20	6,6	0,7	44,5	0,1	2,7	1,7	1,0	4,7	5,8	82
20-40	6,4	1,0	69,0	0,2	2,9	2,1	1,1	5,5	6,7	81

3.6.2. Coleta e análise do Efluente de Esgoto Doméstico Tratado e da Água de Poço

Foram realizadas coletas e análises laboratoriais das propriedades físicas, químicas do Efluente e da Água de Poço (Tabela 11). As águas utilizadas na irrigação foram classificadas como: C₂S₁ (Efluente de Esgoto Doméstico Tratado) e C₂S₁ (Água de Poço).

Tabela 11- Características químicas do Efluente de Esgoto Tratado e da Água de Poço utilizados na irrigação da cultura da mamona, Aquiraz, CE,2006.

Parâmetro	Efluente de Esgoto	Água de Poço
Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	1,3	1,0
Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,8	0,5
Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	4,2	0,7
K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,7	0,1
CL ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	5,0	2,0
SO ₄ ²⁻ (mmol _c L ⁻¹)	0,12	0,06
HCO ₃ ²⁻ (mmol _c L ⁻¹)	2,0	0,4
Fe ²⁺ (ppm)	0,13	2,8
Cu ²⁺ (ppm)	0,06	0,09
Zn ²⁺ (ppm)	0,02	0,02
Mn ²⁺ (ppm)	0,03	0,01
NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	5,3	0,2
pH	9,8	6,3
CE	0,7	0,24
RAS	4,23	0,84
Sólidos Dissolvidos	700	240

3.6.3. Plantio



Figura 6- Plantio da mamona - Aquiraz-CE.

O plantio foi realizada no dia 21/06/06, semeando-se cinco sementes por cova a uma profundidade de 3 cm, o espaçamento adotado foi de 1m entre planta e 3m entre linhas

3.6.4. Adubação



Figura 7- Adubação Mamona

As covas foram abertas com 40 cm de profundidade e 40 de largura, onde primeiro foi aplicado o esterco de bovino, cerca de 4 litros /cova, em seguida: cobertura com uma camada de solo, mais 50 g de calcário dolomítico (cobertura com solo) e os adubos químicos e, por fim, as sementes a 2 cm de profundidade.

As doses de nitrogênio foram parceladas e aplicadas da seguinte maneira: 1/3 no plantio (incorporado ao solo) e o restante em 30 e 60 dias após o plantio (em cobertura).

3.6.5 Desbaste

Após 20 dias da germinação foi feito desbaste, deixando apenas uma planta por cova.

3.6.6. Irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o de microaspersão, utilizando-se um micro aspersor (localizado entre as fileiras) para cada grupo de 4 plantas. As parcelas, dependendo do tratamento, foram irrigados usando-se a Água de Poço e o Efluente de Esgoto Doméstico Tratado o qual foi captado de lagoa de estabilização da CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará) localizada nas proximidades da área do estudo.

Os microaspersores tinham uma vazão de 50 l/h, sendo o tempo real de irrigação, por turno de um dia, de aproximadamente 2 horas.

3.6.7 Tratos culturais

Foram realizadas duas capinas manuais, uma aos 20 dias após o plantio e outra aos 50 dias após o plantio, a fim de evitar a competição das ervas daninhas com a cultura por água e nutrientes do solo. A cultura não apresentou incidências relevantes de doenças ou pragas.

3.6.8. Colheita

A primeira colheita foi realizada dois meses após a floração e, em seguida, realizada a cada 15 dias, totalizando 8 colheitas. Os cachos foram colhidos quando 2/3 dos frutos estavam maduros, os quais foram depois expostos para secagem nas condições do ambiente. Após a secagem, os frutos eram contados e medidos os tamanhos dos cachos.

3.7. Variáveis estudadas

3.7.1. Número de racemos, Quantidade de frutos e Tamanho do 1º racemo

Após a colheita foi realizada a contagem do número de racemos por planta. Os frutos foram retirados manualmente dos racemos e feita a contagem por tratamento, considerando cada experimento

Os racemos foram medidos com fita métrica.

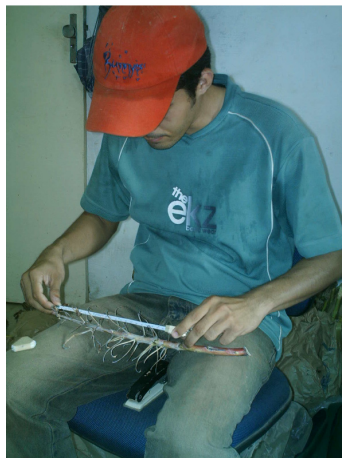


Figura 8- Comprimento do 1º racemo

3.7.2. Peso de 100 sementes

Após a secagem dos frutos, foi realizada a pesagem e o peso convertido em peso de sementes segundo Severino, (2005).

Fator de conversão de peso de fruto para peso de sementes, para mamona variedade Nordestina = 0,61

$$\text{Fator fruto-semente} = \{\text{peso das sementes}\} / \{\text{peso dos frutos}\}$$

3.7.3. Produtividade

Os frutos secos foram pesados e o peso de frutos por planta convertido em kg/ha.

3.8. Componentes de crescimento

3.8.1. Altura do 1º racemo na planta e diâmetro do caule

Procedimento realizado aos 150 dias, onde mediu-se a altura desde a base do caule até alcançar o 1º racemo. O diâmetro do caule medido a circunferência do caule a 5 cm do solo e o valor transformado em diâmetro de caule.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Componentes de Produção

4.1.1. Número de racemos

Após 50 a 60 dias da germinação, surgiram os primeiros racemos ou cachos de primeira ordem. De acordo com Beltrão (2003), a haste principal cresce verticalmente sem ramificação até o surgimento da primeira inflorescência, que tem a denominação de racemo depois do aparecimento das flores em forma de cacho. O racemo pode ter um número variável de frutos, dependendo da cultivar e do ambiente (fertilidade do solo, precipitação pluvial, temperatura, pragas e doenças).

Considerando cada parcela isoladamente (Água de Poço e Efluente de Esgoto Doméstico Tratado), e de acordo com a análise de variância, houve diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, no número de racemos por planta. A média do número de racemos por planta foi significativamente maior no Efluente de Esgoto do que na Água de Poço, contudo sem causar diferenças significativas entre as produtividades de sementes. No Efluente de Esgoto, o número médio de racemos por planta foi de 7,5, enquanto na Água de Poço o número médio foi de 5,4 racemos por planta (Figura 9).

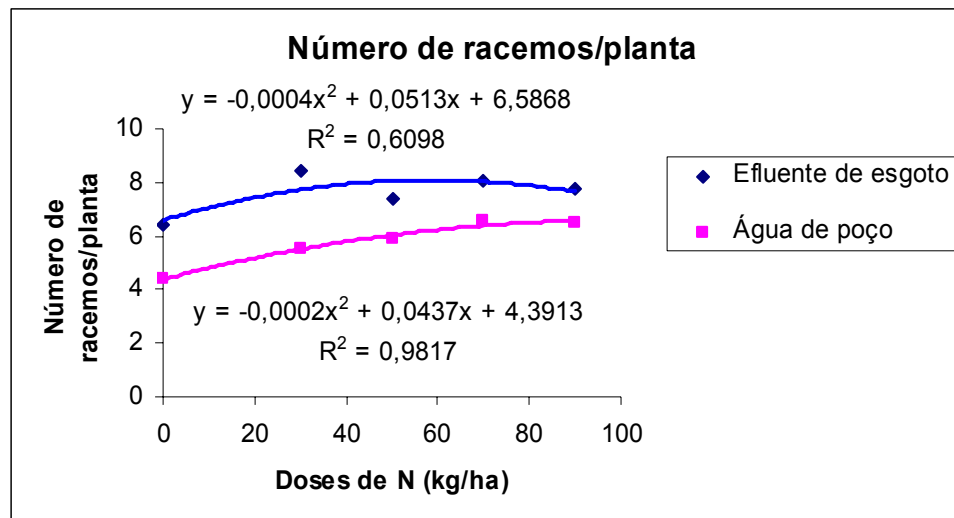


Figura 9- N. de racemos por planta de mamona (BRS-149 Nordestina), em função das doses de N e tipos de água na irrigação.

Segundo Nóbrega (2001), o número de racemos é considerado baixo quando for menor do que 3 racemos por planta; médio de 3 a 7, e alto maior que 7. De acordo com essa classificação, verifica-se que para o Efluente de Esgoto o número de racemos pode ser classificado como alto, enquanto que para a Água de Poço como médio.



Figura 10– Racemos mamona (variedade BRS-149, Nordestina).

4.1.2. Comprimento do 1º racemo

De acordo com a Tabela 12, que mostra a análise de variância, não houve efeitos significativos das variáveis sobre as duas médias gerais do comprimento do 1º. racemo; contudo, dentro de cada parcela, houve diferenças significativas dos comprimentos em função da dose de N.

Tabela 12. Análise de variância do comprimento do 1º racemo da mamona.

Fonte de variação	G.L	Quadrados médios	valor F
Águas	1	6,5308	0,30 ^{ns}
Erro (a)	4	21,481	
Doses de N	5	139,17	16,83
Águas × Doses de N	5	27,657	3,34
Resíduo	20	8,270	
CV	8,54		

Legenda: ns: não significativo;

G.L: grau de liberdade

C.V(%): coeficiente de variação

Conforme a comparação das médias, dentro de cada parcela, obtidas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 13), houve diferenças significativas entre os comprimentos do 1. racemo em função da adubação nitrogenada.

Tabela 13- Comparação estatística (Teste de Tukey a 5% de probabilidade) entre as médias do comprimento do 1º. racemo.

Doses de N (Kg ha ⁻¹)	comprimento do 1º racemo (cm)	
	Esgoto	Água de poço
0	25,50cA	25,00bA
30	35,17bcA	34,50aA
50	31,33bcB	38,08aA
70	33,67bcA	35,92aA
90	43,75aA	38,08aB

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna e letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A dose de 90 kg ha⁻¹ de N no Efluente de Esgoto, proporcionou o maior comprimento do 1º. racemo, enquanto à dose de 0 kg ha⁻¹ de N, proporcionou o menor comprimento de 1º. racemo; não houve diferenças significativas nos comprimentos de 1º. racemo em relação às doses de 30, 50, 70 kg ha⁻¹ de N (Tabela 13). Na Água de Poço as doses 30, 50, 70, 90 kg ha⁻¹

de N proporcionaram maior comprimento do 1. racemo, porém não apresentando diferenças significativas entre si. Os comprimentos do 1. racemo de cada uma das doses do Efluente de Esgoto foram comparados com as doses correspondentes da Água de Poço (Tabela 13). Observou-se que diferenças significativas (entre o Efluente de Esgoto e da Água de Poço) ocorreram somente nas doses 50kg N ha^{-1} (a Água de Poço foi superior, com 38,08 cm) e 90kg N ha^{-1} (o Efluente de Esgoto foi superior, com 43,75 cm).



Figura 11– 1. racemo, mamona (variedade BRS-149, Nordestina).

A média geral do comprimento do 1°. racemo (34,06 cm) do Efluente de Esgoto (todas as doses) não diferiu significativamente da média geral do comprimento do 1°. Racemo (33,21 cm) da Água de Poço (todas as doses).

4.1.3. Número de frutos 1° racemo

A análise de variância (Tabela 14) dos dados referentes à variável número de frutos no 1°. racemo, revelou diferenças significativas entre as doses de ambas as parcelas, contudo, nenhuma diferença significativa entre as duas médias das parcelas (Efluente de Esgoto com uma média de 81 frutos no 1°. racemo e a Água de Poço com uma média de 76 frutos). A dose de N ha^{-1} afetou significativamente o número de frutos do 1°. racemo dentro das duas parcelas. De acordo com a Tabela do teste de médias (Tukey, 5% de probabilidade) no Efluente de Esgoto, o aumento no número de frutos do 1°. racemo foi significativo apenas na 5ª. dose de N (dose máxima), enquanto na Água de Poço os

maiores aumentos de frutos do 1º. racemo foram obtidos com as doses 30, 50, 70 e 90 kg ha⁻¹ N, porém, sem apresentar diferenças significativas (veja Tabela 15). Estes resultados indicam, com segurança, que as aplicações de nitrogênio afetam o número de frutos do 1º. racemo.

Tabela 14- Tabela da análise de variância do número de frutos do 1º racemo da mamona

Fonte de variação	G.L	Quadrados médios	valor F
Águas	1	6,5308	2,03 ^{ns}
Erro (a)	4	21,481	
Doses de N	5	39,17	11,43
Águas × Doses de N	5	27,657	3,78
Resíduo	20	8,270	
CV	11,16		

Legenda: ns: não significativo;
G.L: grau de liberdade
C.V(%): coeficiente de variação

Tabela 15- Teste de Tukey para as médias referentes ao número de frutos do 1º racemo.

Doses de N (kg ha ⁻¹)	nº frutos do 1º racemo	
	Esgoto	Água de poço
0	77,83b A	59,75c B
30	67,25b A	80,83ab A
50	73,41b B	91,58ab A
70	72,41b A	82,41ab A
90	105,00a A	97,58ab A

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna e letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

A Figura 10 mostra o comportamento do número de frutos do 1º. racemo em função do tipo de irrigação (Efluente de Esgoto e Água de Poço) e dose de N. No Efluente de Esgoto nota-se um efeito inicial decrescente no número de frutos nas primeiras doses de N e que, gradativamente, se recupera nas doses mais elevadas. Na Água de Poço, o número de frutos do 1º. racemo foi crescente de acordo com o aumento das doses de N.

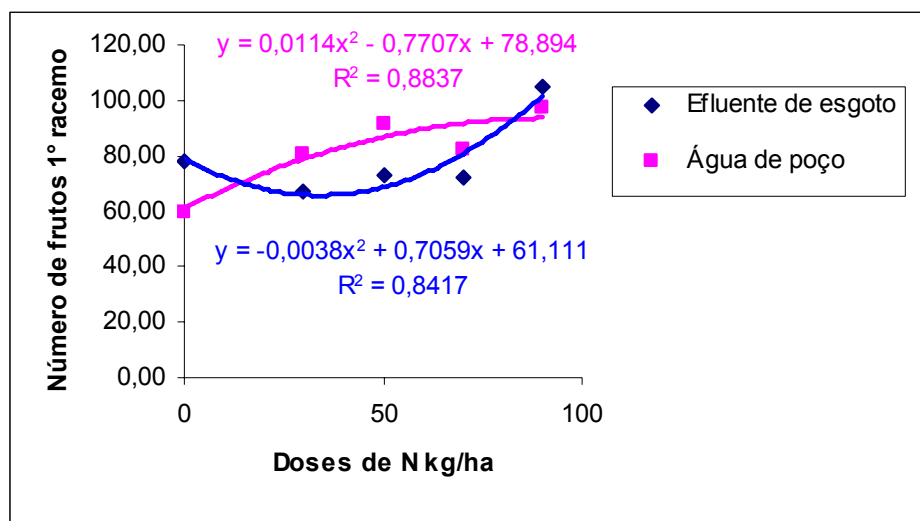


Figura 12 - N. de frutos do 1º racemo na mamona (BRS-149 Nordestina), em função das doses de N e águas de irrigação.

4.1.4. Peso de 100 sementes

A análise de variância dos dados referentes ao peso de 100 sementes mostrou diferenças significativas entre os tratamentos aplicados, tanto no Efluente de Esgoto como na Água de Poço (Tabela 16). As médias obtida nas parcelas foram de 55,87g e 53,88g respectivamente.

Tabela 16- Tabela da análise de variância peso de 100 sementes (g) da mamona,

Fonte de variação	G.L	Quadrados médios	valor F
Águas	1	35,680	218,19
Erro (a)	4	0,1635	
Doses de N	5	14,300	385,42
Águas × Doses de N	5	27,564	286,89
Resíduo	20	0,1439	
CV	0,69		

Legenda; ns: não significativo;

G.L: grau de liberdade

C.V(%): coeficiente de variação

De acordo com o teste de média de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade, o Efluente de Esgoto (Tabela 17), apresentou maior média de peso de semente, 60,38 g na dose 90 kg ha⁻¹ de N e a menor média obtida na dose 0 kg ha⁻¹ de N cerca de 50,30g. O tratamento testemunha absoluta apresentou diferença significativa em comparação a dose 0 de N, indicando haver um efeito negativo da aplicação do fertilizante nitrogenado Uréia com o Efluente de Esgoto Tratado.

Tabela 17- Teste de Tukey para as médias referentes ao peso de 100 sementes.

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Peso de 100 sementes (g)	
	Esgoto	Água de poço
0	55,43e A	52,75c B
30	50,30f B	54,57b A
50	56,06d B	56,97a A
70	56,71b A	54,56b B
90	56,38c A	52,39d B

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna e letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Os dados referentes as doses da Água de Poço (Tabela 17) mostram haver diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, apresentando a dose 30 kg ha⁻¹ de N a que apresentou maior média de peso de 100 sementes, 56,96 g. Como observado no teste as doses menores de N proporcionaram as maiores médias , indicando haver efeito depressivo com o aumento da dose de N.

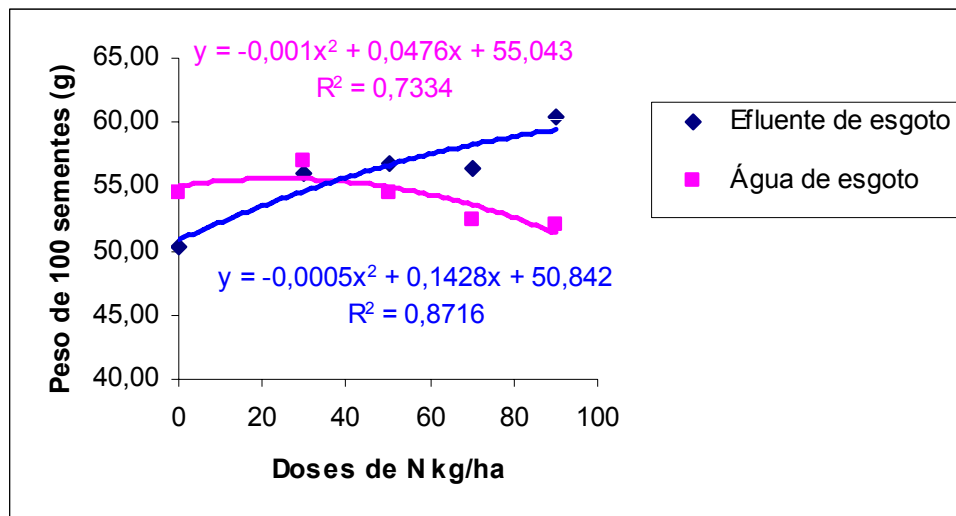


Figura 13 - Peso de 100 sementes (g) de mamona (variedade BRS-149 Nordestina) em função das doses de N e do tipo de água na irrigação

Como observado no gráfico (Figura 11), as aplicações crescentes de nitrogênio no Efluente de Esgoto causaram aumentos no peso de 100 sementes, enquanto que na Água de Poço ocorreram reduções.

4.1.5. Produtividade de sementes

De acordo com o quadro de análise de variância (Tabela 18), houve diferença significativa entre o Efluente de Esgoto e a Água de Poço, com médias de $1610,31 \text{ kg ha}^{-1}$ para Efluente de Esgoto e $1406,80 \text{ kg ha}^{-1}$ para a Água de Poço. Ocorreram diferenças significativas nas produtividades de sementes (kg ha^{-1}) entre as doses de cada parcela e entre as doses do Efluente de Esgoto e da Água de Poço.

Tabela 18- Tabela da análise de variância da produtividade de semente (kg/ha) da mamona.

Fonte de variação	G.L	Quadrados médios	valor F
Águas	1	372734,7	9,21
Erro (a)	4	40465,17	
Doses de N	5	1238182	45,16
Águas \times Doses de N	5	287107,9	10,10

Resíduo	20	28415,49
CV	11,71	

Legenda; ns: não significativo;
G.L: grau de liberdade
C.V(%): coeficiente de variação

A produtividade foi influenciada pela adubação nitrogenada, tanto no Efluente de Esgoto como na Água de Poço. No Efluente de Esgoto, as maiores médias de produtividades foram obtidas nas doses 70 e 90 kg ha⁻¹ N, contudo não diferiram entre si estatisticamente. As doses 0, 30 e 50 kg N ha⁻¹ causaram produtividades significativamente menores do que as doses mais elevadas (70 e 90kg N ha⁻¹). A menor média de produtividade, que diferiu estatisticamente de todas as outras doses, foi obtida com a testemunha absoluta (parcela que não recebeu adubação), cerca de 798,40 kg ha⁻¹.

Na Água de Poço (Tabela 19), observa-se que a produtividade máxima foi alcançada com a dose 50 (2243,50 kg ha), o qual diferiu significativamente das demais doses. As produtividades obtidas com as doses 0, 30, 70, 90 kg ha⁻¹ não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Segundo Santos (2004), esta cultura é afetada quando cultivada em solo com baixos teores de nutrientes, pois necessita de uma quantidade relativamente expressiva de nitrogênio para obter crescimento e produtividade satisfatórios.

Tabela 19 - Teste de Tukey para as médias das produtividades de sementes (kg ha⁻¹).

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Produtividade de semente (kg ha ⁻¹)	
	Esgoto	Água de poço
0	798 d A	17c A
30	1275c A	1123cd A
50	1567bc A	1559bc A
70	1441bc B	2243a A
90	1928ab A	1410bcd B
00/00/00	2250ab A	1387bcd B

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna e letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Os dados de produtividades mostraram um efeito do Efluente sobre o desempenho do adubo nitrogenado, no caso a Uréia. Com a Água de Poço, a produtividade máxima foi atingida na dose 50 kg N ha⁻¹, enquanto que com o efluente essa produtividade

máxima foi alcançada somente com as doses 70 e 90kg N ha⁻¹. Possivelmente esse menor desempenho da Uréia na Água de Poço, com Efluente, tenha sido devido ao elevado pH do efluente (pH em torno de 10,0) que pode ter induzido um aumento na volatilização da Uréia (na forma de NH₃).

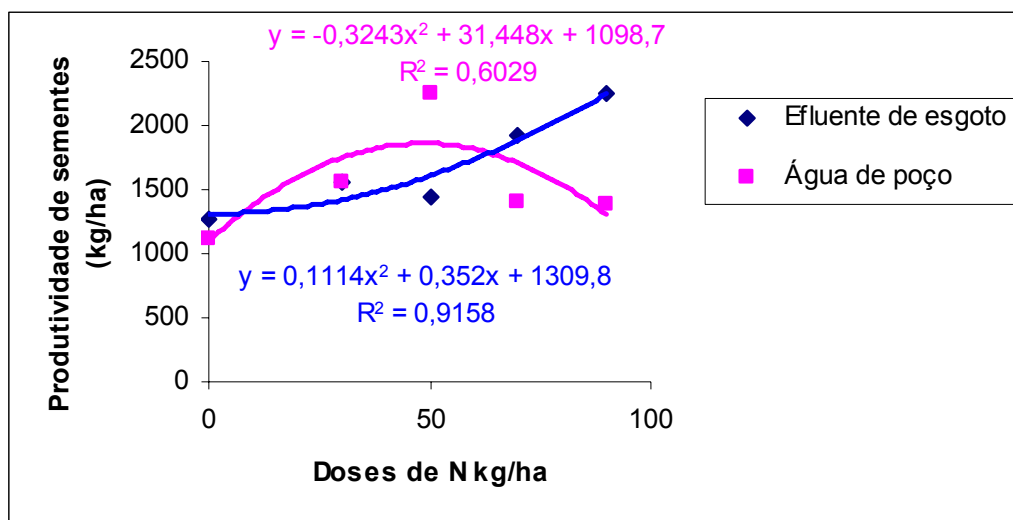


Figura 14 - Produtividade de sementes(kg ha⁻¹) de mamona (variedade BRS-149 Nordestina) em função das doses de N e tipos de água para irrigação.

A Figura 9 mostra que no Efluente de Esgoto ocorreram aumentos crescentes de produtividade de acordo com as doses crescentes de N, chegando a um máximo de 2250 kg ha na dose 90 kg N ha⁻¹, apesar de não estatisticamente diferente das doses de 70 kg N ha⁻¹. Na Água de Poço ocorreram aumentos de produtividade até a dose 50 kg N ha⁻¹, que foi significativamente maior do que as demais produtividades (doses 0, 30, 70 e 90 kg N ha⁻¹). As produtividades de mamona decresceram significativamente nas doses 70 e 90 kg N ha⁻¹. Os resultados obtidos na presente pesquisa estão de acordo com aqueles obtidos por Severino (2005) que, avaliando o efeito da adubação química na mamona, observou que a maior produção foi obtida na dose 50 kg ha N, e que o único nutriente que pode ser ajustado para melhorar a produtividade é o nitrogênio.

Comparando-se as testemunhas absolutas (parcelas que não receberam qualquer adubação e diferiam somente nas fontes de água para a irrigação), pode-se observar que as médias de produtividades foram de 798 kg ha de sementes no Efluente de Esgoto de 717 kg ha⁻¹ na Água de Poço, respectivamente, não sendo significativamente diferentes.

4.2. Componentes de crescimento

4.2.1. Altura do 1º racemo

Segundo Severino (2005), a altura do 1º racemo é uma característica ligada a precocidade da planta, sendo considerada mais precoce a planta que lança o primeiro cacho em menor altura. De acordo com a análise de variância (Tabela 20), o Efluente de Esgoto não apresentou diferenças significativas entre as doses em termos de altura do 1º racemo, obtendo-se uma média de altura de 100,55 cm. Estes resultados indicaram que as diferentes doses de adubo nitrogenado não surtiram efeitos sobre essa variável no Efluente de Esgoto. Na Água de Poço apresentou diferenças significativas entre as doses (Tabela 20). Pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, a maior média de altura (141,67 cm) foi obtida na dose 90 kg N/ha (Tabela 21).

Tabela 20 - Tabela da análise de variância da altura do 1º racemo da mamona.

Fonte de variação	G.L	Quadrados médios	valor F
Águas	1	841,00	152,76
Erro (a)	4	5,5052	
Doses de N	5	690,69	8,25
Águas × Doses de N	5	267,38	3,19
Resíduo	20	83,73	
CV	0,69		

Legenda: ns: não significativo;
G.L: grau de liberdade
C.V(%): coeficiente de variação

As comparações de alturas do 1º racemo em ambas as parcelas podem ser visualizadas na Tabela 21 (teste de Tukey a 5% de probabilidade). Estes resultados confirmaram na Água de Poço o papel do nitrogênio na formação da estrutura da planta, isto é, o seu efeito sobre o crescimento vegetativo. Por outro lado, o excesso deste nutriente pode causar excessivo crescimento vegetativo em detrimento ao crescimento reprodutivo, como observado nas doses mais elevadas de N (70 e 90 kg N ha⁻¹) na Água de Poço, onde o aumento da dose de nitrogênio causou uma diminuição na produtividade (Figura 12 e Tabela 19).

Tabela 21 - Teste de Tukey para as médias referentes a altura do 1º racemo.

Doses de N (kg ha ⁻¹)	altura do 1º racemo (cm)	
	Esgoto	Água de poço
0	98,42a A	92,67b A
30	92,92a A	108,08b A
50	102,58a A	100,17b A
70	98,67a A	107,00b A
90	102,92a A	114,17b A
00/00/00	98,42a B	141,67a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna e letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

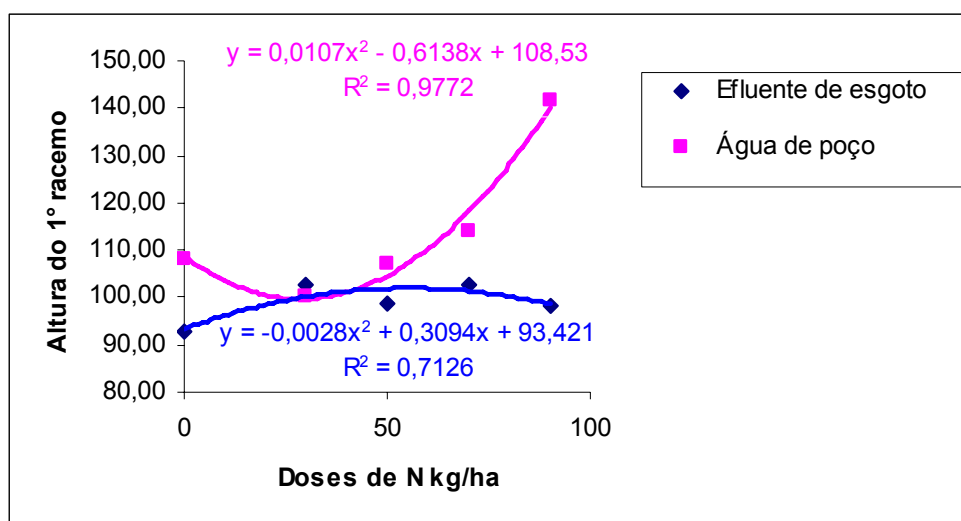


Figura 15 - A altura do 1º racemo em função das doses de N (kg ha⁻¹) e do tipo de água utilizada na irrigação, Experimento 1 e 2.

A Figura 13 demonstra que, na Água de Poço, a mamona apresentou aumento na altura do 1º racemo em função da dose de N. A curva obtida, através dos dados, se ajustou ao modelo de regressão polinomial. Os valores dos coeficientes de correlação (R^2) encontra-se com valor próximo de 1, justificando a adequação do modelo quadrático. Este efeito pode ser explicado pelo fato do nitrogênio ser um componente fundamental dos aminoácidos e proteínas, tendo uma função vital no crescimento da planta, podendo

impossibilita a assimilação do carbono ao longo do processo fotossintético (Nelson & Cox, 2000).

4.2.2. Diâmetro caulinar

As médias obtidas no Efluente de Esgoto e na Água de Poço, com relação ao diâmetro caulinar, foram de 5,11cm e 4,50 cm, respectivamente. Não foram observadas diferenças significativas entre as doses das duas parcelas, indicando que esta variável não foi influenciada pela adubação nem pela fonte de água de irrigação.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nos experimentos, pode-se concluir o seguinte:

- 1- As doses de nitrogênio que promoveram as maiores produtividades de sementes foram: 70 e 90kg N ha⁻¹ (tratamentos irrigados com Efluente de Esgoto Tratado) e 50kg N ha⁻¹ (tratamentos irrigados com Água de Poço).
- 2- No Efluente de Esgoto Tratado e na Água de Poço, a adubação nitrogenada causou aumentos significativos dos componentes de produção, com exceção do peso de 100 sementes dos tratamentos irrigados com Água de Poço.
- 3- Doses crescentes de nitrogênio (aplicados na forma de Uréia) causaram efeitos diferentes nos tratamentos irrigados com Efluente de Esgoto Tratado e Água de Poço.
- 4 – A fonte de água usada na irrigação (Efluente de Esgoto Tratado e Água de Poço), quando aplicadas isoladamente e sem adubação, não causou diferenças significativas nas produtividades de sementes da mamona.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALVES, M.O. Possibilidade da mamona como fonte de matéria-prima para produção de biodiesel no nordeste brasileiro. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 42p.
- AMORIN, P. Q. R. Perspectiva histórica da cadeia da mamona e a introdução da produção de biodiesel no semi-árido brasileiro sob o enfoque da teoria dos custos de transação. São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2005,94p. (Monografia).
- ARNON, R.; DOSERETZ, C.G.; AZOV, Y.; SHELEF, G. Residual contamination of crops irrigated with effluent of different qualities: a field study. *Water Science and Technology*, v.9, p.239-248, 1994.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D. W.; tradução de CHEYI, J.F.M.; DAMACENO, F.A.A. A qualidade da água na agricultura, Campina Grande, UFPB. 1991. 218p.
- AZEVEDO, D.M.P. de LIMA, E.F. eds. O Agronegócio da mamona no Brasil. Campina Grande: Embrapa CNPA- SCT, 2001. 350P.
- BELTRÃO N.E.M.1; FERREIRA G.B.; GONDIMA T. M.; SEVERINO L. S.;4 CARDOSO G.D.5; PEREIRA J. R.6; UILMA U. C. Observações sobre a mamona (*ricinus communis* L.) asselvajada e cultivada, em areia e em solo próximo do mar. Comunicado Técnico 193, ISSN 0102-0099, novembro, 2003, Campina Grande, PB Embrapa- Algodão.
- BELTRÃO, N. E.M.; CARDOSO, G.D.; Informações sobre os sistemas de produção utilizados na ricinocultura na Região Nordeste, em especial o semi-árido e outros aspectos ligados a sua cadeia. Comunicado Técnico n.213, Embrapa Algodão: Campina Grande, julho, 2004.
- BELTRÃO, N.E.M. Cultivo da mamona (*Ricinus communis* L) consorciada com feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) walp [para o semi-árido nordestino em especial do Piauí. Campina Grande: Embrapa CNPA, 2002. 42p, EMBRAPA-CNPA. (Documentos).
- BOWER, H. Agricultural and municipal use of wastewater. *Water Science Technology*. V.26, n.7-8, p.1583-1591, 1992.
- CANECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E.S. Adubação da mamoneira: experiências

- CANECCHIO, V.; FREIRE, E.S. Adubação da mamoneira: experiências preliminares, v.17,p.243-259,1958.
- CARINE T. ALVES C. T.; SANTOS D. L.; TORRES E. A. Produção do biodiesel de mamona em escala semi-industrial na planta piloto da universidade federal da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. Anais...Campina Grande: UFBA, 2004.
- CARVALHO, D. B.; PISSAIA, A. Cobertura nitrogenada em girassol sob plantio direto na palha: rendimento de grãos e seus componentes, índice de colheita e teor de óleo. Rev. Scientia Agrária, v3, n. 1-2, p. 41-45,2002.
- CARVALHO, L.O. Cultura da mamoneira. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 1991, 17p.
- CHEENA, M.A.; MALIK M.A.; HUSSAIN, A.; SHAH, S.H.; BASRA, M.A. Effects of time and rate of nitrogen and phosphorus application on the growth and the seed and oil yields of canola (*Brassica napus L.*). Journal Agronomy & Crop Science 186, p.103-110, Berlin, 2001.
- EMBRAPA- CNPA. A cultura da mamona. Disponível: <http://www.cnpa.embrapa.br> Acesso em: 23 Agosto 2005.
- EMBRAPA- CNPA. Adubação da mamona. Disponível: <http://www.cnpa.embrapa.br> Acesso em: 9 Setembro 2005.
- EMBRAPA Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997, 212p.
- EMIDERLE, O.J. A mamona que pode gerar emprego e renda. Disponível: <http://www.paginarural.com.br> Acesso em: 15 Setembro 2005.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em <http://www.fao.org/> Acesso: 20 jun 2006.
- FEITOSA, V. S. Estado nutricional e produção da goiabeira em função da adubação com NPK. Universidade Federal do Ceará: Ceará, Fortaleza, 2003, 54p. (Dissertação Mestrado).
- FIEGIN, A.; FEIGENBAUM, S.; LIMONI, H. Utilization efficiency of nitrogen from sewage effluent and fertilizer applied to corn plants growing in a clay soil. Journal of Environmental Quality, v.10 p.284-287, 1981.
- FILHO, J. F.; NOBREGA, J. Q.; SOUSA, J. T.; DANTAS, J. P. Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro. Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v.9,p.329-332, 2005.
- FONSECA, A. F. Disponibilidade de nitrogênio, alteração nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado. São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 2001, 99p. (Tese de Mestrado).
- FONSECA, A.F. Disponibilidade de Nitrogênio, Alteração nas características Químicas do Solo e do Milho pela Aplicação de Efluente de Esgoto Tratado. Tese Mestrado. Escola Superior de Agronomia, Dezembro 2001, Piracicaba, SP, 99p.
- GOMES, F.P.; GARCIA, C.H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais. Piracicaba: Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 2002, v.11, 309p.

- GOVERNO DA PARAÍBA. Sistemas de produção para a cultura da mamona na agricultura familiar no semi-árido nordestino.2005 (Folheto).
- HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. cap.3, p.37-95.
- HOEK, V. D.; HASSAN W. U. M.; ENSINK, J. H. J.; FEENSTRA, S.; RASCHID-SALLY, L.; MUNIR, S.; ASLAM, R.; ALIM, N.; HUSSAIN, R.; MATSUNO, Y. Urban Wastewater: A valuable resource for agriculture; a case study from Horoonabad, Pakistan. Research Report 63. Colombo: International Water Management Institute. 2002.
- IBGE: Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/> Acesso: 25 jun. 2006.
- JUNIOR, J.L., BOARETTO R. M., SILVA M.L.S, CORREIA D., CABRAL C.P. MALAVOLTA E. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.40, n.2, p.145-151, fev. 2005 EMBRAPA-Algodão.
- LEITE V. E., TIAGO; SILVA T.R.B. ; SILVA A. R. B; NETO V.N.M. Efeito de doses de nitrogênio em cobertura na cultura da mamona. FERTBIO, Bonito-RN, 2006.
- LEITE, A. M. F. Reúso de água na gestão integrada de recursos hídricos. Brasília. Universidade Católica de Brasília. 117p. (Tese de Mestrado).
- LEITE, V.E.; SILVA, T.R.B.; SILVA, A.R.B.; NETO, V.N.M. Efeito de doses de nitrogênio em cobertura na cultura da mamona. In: FERTBIO, 2006, Bonito. Anais... Campo Grande: Universidade Católica Bom Bosco, 2006. .
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação nutricional das plantas. 2ºed, Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1997, v.1, 319p.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MEDEIROS, S.S.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A.; NEVES, J.C.L.; MATOS, A.T.; SOUZA, J.A.A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.4, p.603-612, 2005
- MEIRELES, F.S., Biodiesel, Federação de Agricultura do Estado de São Paulo, Brasília, 2003.
- MELLO, F.A.F.; SOBRINHO, M.O.C.B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; NETTO, A.C.; KIEHL, J.C. Fertilidade do solo. 4.ed, Piracicaba: Nobel, 1983, 400p.
- MENGEL, K.; KIRKBY, A.E. Principles of Plant Nutrition. Kluwer Academic Publishers. 2001. 673p
- METCALF & EDDY. Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse, New York: McGraw - Hill Inc., 1991. 1334p.
- MONTE, H.M.; SOUZA, M.S. Effects on Crops of irrigation with facultative pond effluent. Water Science and Technology, v.26, n.7-8, p.1603-1613, 1992.
- NAGOAKA, A.K.; PINTO, A.E.A.; NETO, P.C.; FRAGA, A.C.; LOPES, A.; WORM, J.A.; GUERRA, S.P.S.; WEBER, D.R.; ABREU, M.H.D. Características físicas de sementes de

- mamona: tamanho, peso, volume e umidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL.2. 2003. Minas Gerais, UDESC, 2003.
- NASCIMENTO, M.B.H.;LIMA, V.L.A.; BELTRÃO, E. M.; SOUZA, A.P. Utilização de água residuária na cultura da mamona: componentes de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. Anais...Campina Grande: UFCG, 2004.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. Lehninger principles of biochemistry. 3.ed. New York: Worth Publishers, 2000. 1152p.
- NOBREGA, M. B..M.; ANDRADE, F.P.S.; J.W.; LEITE, E.J. Germoplasma In: AZEVEDO, D.M.P. DE LIMA, E.F. O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa, 2001. cap. 11, p. 256-280.
- OSAVA,M. Melhor planta para se fazer biodiesel. Disponível: [http:// www.terraamerica.com.br](http://www.terraamerica.com.br) Acesso em: 19 Setembro 2005.
- PAGININI, W.S. Disposição de esgotos no solo: escoamento à superfície. 2.ed. São Paulo: Fundo editorial da AESABESP, 1997. 232p.
- PEUKE, A.D.; JESCHKE, W.D.; HARTUNG, W. Flows of elements, ions and abscisic acid in (*Ricinus communis*) and site of nitrate reduction under potassium limitation. Journal of Experimental Botany, v. 53, n. 367, p.241-250, 2002.
- PINHEIRO. R. C.A Efeitos da adubação nitrogenada e potássica sobre a produtividade do cajueiro anão-precoce em cultivo irrigado.Universidade Federal do Ceará: Ceará, Fortaleza, 2002,38p (Dissertação Mestrado).
- PRATA, F.C. Principais culturas do nordeste. Fortaleza: Imprensa Universitária do Ceará. preliminares. Bragantia, v. 17, p.243-259, 1958.
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Instituto da Potassa & Fosfato (EUA), Instituto Internacional da Potassa (SUIÇA).1981, 142p.
- SANTOS, A. C. M.; FERREIRA, G. B.; XAVIER, R. M.; FERREIRA, M. M. M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E.; DANTAS, J. P.; MORAIS, C. R. Deficiência de cálcio a magnésio: descrição e efeito sobre o crescimento e produção da cultura. 1 CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA. Campina Grande-PB,UEPB, 2004.
- SANTOS, A. C.; ANDRADE, A. P.; LIMA, J. R. S.; SILVA, I. F.; CAVALCANTE, V. R. Variabilidade temporal da precipitação pluvial: nível de nitrogênio no solo e produtividade de cultivares de girassol. Rev. Ciência Rural, 32, n.5, p.757-764, 2002.
- SANTOS, A. P. R., Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado, rico em sódio, em propriedades químicas e físicas de um Argissolo vermelho distrófico cultivado com capim-Tiftam 85. São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2004,74p. (Tese de Mestrado).
- SANTOS, A.C.M.; FERREIRA, G.B.; XAVIER, R.M.; FERREIRA, M.M.M.;SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E.M.; DANTAS, J.P.; MORAES, C.R.A. Deficiência de nitrogênio na mamona (*Ricinus communis*): descrição do efeito sobre o crescimento e a produção da

- cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. Anais...Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.
- SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIN, T. M. S.; FREIRE, W. S. A.; CASTRO, D. A.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. M. Adubação química da mamona com macro e micronutriente em Quixeramobim, CE. Boletim de pesquisa e desenvolvimento n° 61, Campina Grande-PB, EMBRAPA-Algodão, ISSN 0103-0841, Agosto 2005.
- SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIN, T. M. S.; CASTRO, D. A.; BELTRÃO, N. E. M. Crescimento e produtividade da mamoneira sob fertilização química em região semi-árida. Boletim de pesquisa e desenvolvimento n° 62, Campina Grande-PB, EMBRAPA-Algodão, ISSN 0103-0841, Agosto 2005.
- SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G. B.;MORAES, C.R.A.; GONDIN, T.M.S.; CARDOSO,G.D.; VIRIATO, J.R.; BELTRÃO, N.E.M. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. Re. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.41,n.5,p.879-882, maio,2006.
- SEVERINO, L.S.; MORAES, C.R.de A.; GONDIM, T.M.S.; CARDOSO, G.D.; SANTOS, J.W. dos. Fatores de conversão de peso do cacho e frutos para peso de sementes de mamona. Boletim de pesquisa e desenvolvimento n° 56, Campina Grande-PB, EMBRAPA-Algodão, ISSN 0103-0841, Janeiro 2005.
- SNEL D. R. Reuse of wasterwaster. International Water and sanitation Centre, Delft, The Netherlands. 2002,7p.
- SOUTO, L.S.; LOBO, T.F.; FERNANDES, D.M.; LACERDA, N.B. Níveis e formas de aplicação de lodo de esgoto na nutrição e crescimento inicial da mamoneira. Rev. Brasileira de Eng. Agrícola e Ambiental, v.9, p.274-277, Campina Grande. 2005.
- SOUZA, J.T.;HANDEL, A.C.;CAVANCANTI, P.F.F.; FIGUEIREDO, A.M.F. Tratamento de esgoto para uso na agricultura do semi-árido nordestino. Rev. Eng. Agrícola, Jaboticabal, v.25,n. 1,p.253-263, janeiro,2005.
- TÁVORA, F.J.A cultura da mamona. Fortaleza: EPACE, 1982. 111p.
- UFC. Recomendações de adubação e calagem para o estado do ceará. Fortaleza: UFC. 1993. 247p.
- VASCONSELOS, M.A.C. Informações sobre o cultivo da mamona.Fortaleza: EMATERCE,1990. 18p.
- WEISS, E.A. Oilseed crops. London: Longman, 1983.660p.
- ZUBILLAGA, M.M.; ARISTI, J.P.;LAVADO, R.S. Effect of phosphorus and nitrogen fertilization on sunflower nitrogen uptake and yield. Rev. Agronomy & Crop Science 188,p.267-274, Berlin, 2002.