

III-489 - AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA MAMONA CULTIVAR BRS NORDESTINA FERTILIZADA COM URINA HUMANA VISANDO À PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Márcio Pessoa Botto⁽¹⁾

Doutor em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará. Engenheiro da Fundação Nacional de Saúde. Professor Auxiliar do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade de Fortaleza.

Lucas Falcão Muniz

Engenheiro civil pela Universidade Federal do Ceará.

Boanerges Freire de Aquino

Doutor em Agronomia - Ciência do Solo pela University of Missouri-Columbia. Professor Associado do Departamento de Solos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará

Andre Bezerra dos Santos

Doutor em Saneamento Ambiental pela Wageningen University - Holanda. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará.

Endereço⁽¹⁾: Rua Água da Prata, 2991, Casa 05. Bairro: Edson Queiroz. CEP: 60834-414. Fortaleza, Ceará. Brasil. Telefone: +55 (85) 92752112. E-mail: marcio.botto@funasa.gov.br

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar o comportamento da cultivar mamona BRS Nordestina em termos de produtividade quando fertilizada com urina humana. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos aplicados foram: T1 - irrigação com água bruta e adubação de fundação com esterco curtido; T2 - irrigação com água bruta e adubação de fundação e de cobertura (NPKS + esterco curtido); T3 - irrigação com água bruta e dose de urina recomendada; T4 - irrigação com água bruta e metade da dose de urina recomendada; T5 - irrigação com água bruta e 1,5 da dose de urina recomendada. No que diz respeito à massa de mil sementes, não foi possível verificar diferença expressiva entre os tratamentos. Os resultados indicaram que o peso de sementes da mamona foi o mesmo quando se utilizou adubação química e adubação com urina. A fertilização química (T1) respondeu de forma significativa e atingiu a maior produtividade ($p < 0,05$) no fim de ciclo. As produtividades médias das sementes da mamona foram as seguintes: 1256,7; 1048,5; 671,8; 477,8 e 1081,2 kg.ha⁻¹. Os teores médios de óleo obtidos foram: 55,9; 53,6; 55,5; 54,2 e 55,4%, para T1; T2; T3; T4 e T5, respectivamente, sem apresentar efeito significativo ($p > 0,05$). A prática do uso da urina humana no cultivo da mamona de forma complementar ou até mesmo substitutiva à adubação química pode vir a ser uma alternativa viável para tornar o biodiesel um produto menos oneroso e mais competitivo, passando a exercer um papel mais importante na matriz energética do Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Águas amarelas, reuso, saneamento focado em recursos, cultura energética.

INTRODUÇÃO

Diversos estudos apontam para a potencialidade do uso da urina humana na agricultura, por ser um líquido que contém nitrogênio, fósforo e potássio na forma dissolvida em concentrações razoáveis para atender as demandas nutricionais das culturas fertilizadas (Karak; Bhattacharyya, 2011; Richert et al., 2010; Jönsson et al., 2004; Vinnerås; Jönsson, 2002; LIND et al., 2000).

As principais culturas pesquisadas até então foram: cevada (Johansson et al., 2001; Rodhe et al., 2004), milho (Guzha et al., 2005; Mnkeni et al., 2008; Kassa et al., 2010), repolho (Pradhan et al., 2007), pepino (Heinonen-Tanski et al., 2007), trigo (Tidåker et al., 2007; Ganrot et al., 2007); tomate (Mnkeni et al., 2008; Pradhan et al., 2009); beterraba (Pradhan et al., 2010; Mnkeni et al., 2008); sorgo (Germer et al., 2011); quiabo (Akpan-Idioka et al., 2012); espinafre (Sene et al., 2012); pimentão (Shrestha et al., 2013)

Porém, poucos são os trabalhos publicados a respeito do uso da urina em culturas energéticas. As pesquisas e os projetos até hoje desenvolvidos estão concentrados na Europa, África e Ásia, principalmente na África do Sul, Suécia, Holanda, Alemanha, Áustria, Suíça e China (WAFLE; WERNER, 2008).

Por sua vez, de acordo com Sallet; Alvim (2011), o uso de biocombustíveis tem aumentado no Brasil ao longo dos últimos anos e sua participação na matriz energética nacional deverá ser ainda maior de acordo com projeções do Ministério de Minas e Energia.

No Brasil, a mamona é uma cultura promissora para o desenvolvimento agrícola sustentável, onde já ocupa destaque no agronegócio brasileiro (MENDES, 2005). Devido à sua baixa demanda hídrica, a mamona possui uma posição de destaque no nordeste brasileiro, concentrando mais de 90% da produção nacional (VIEIRA; LIMA, 2008).

Dentre os vários tipos de óleos de sementes, a mamona foi identificada como ideal para promover o desenvolvimento social na região Nordeste do Brasil (BRASIL, 2005; FREITAS; FREDO, 2005). De acordo com IICA (2007), Xavier et al. (2009) e Souza et al. (2010), sua implementação e produção de baixo custo, sua resistência ao estresse hídrico, seu fácil cultivo, além de poder proporcionar ocupação e renda no meio rural, têm demonstrado que o óleo da mamona possui excelentes características que se adequam às condições adversas de clima e solo da região semiárida do Brasil.

A mamona, denominada cientificamente por *Ricinus communis* L., é uma planta oleaginosa arbustiva pertencente à família Euphorbiaceae (SOUZA, 2007), sendo considerada uma espécie heliófila e xerófila (TÁVORA, 1982). A mamoneira, por apresentar alto teor de óleo na semente, possui uma elevada importância, principalmente, nos países tropicais, os quais são, em sua maioria, países em desenvolvimento. Apesar de impróprio para consumo humano, este óleo apresenta utilidade só comparável a do petróleo, com a vantagem de ser renovável. Além da sua maior aplicabilidade que é para produção do biodiesel, a mamona é utilizada para os mais diversos fins, sendo matéria-prima para as indústrias médica, cosmética, de tintas e vernizes, de lubrificantes para navios e aviões, dentre outras (SOUZA, 2007; SAVY FILHO, 1999; BELTRÃO, 2001).

Ademais, a mamona se destaca, também, por ser uma cultura de grande apelo social, pois pode ser cultivada com outras culturas, como feijão, amendoim, milho, entre outros (BRAGA et al., 2008; VANGUARDA AGRO, 2010).

O principal objetivo deste estudo foi avaliar a possibilidade de uso da urina como fertilizante natural na produção de cultura energética (*Ricinus communis* L.) por meio da análise de teor de óleo e produtividade em diferentes tratamentos aplicados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em uma área anexa à estação de tratamento de esgotos do município de Aquiraz, na região metropolitana de Fortaleza pertencente à Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, cujas coordenadas geográficas de referência são: 3° 54' 05" de Latitude (S), 38° 23' 28" de Longitude (W) e 14,2 m de altitude (Figura 1).

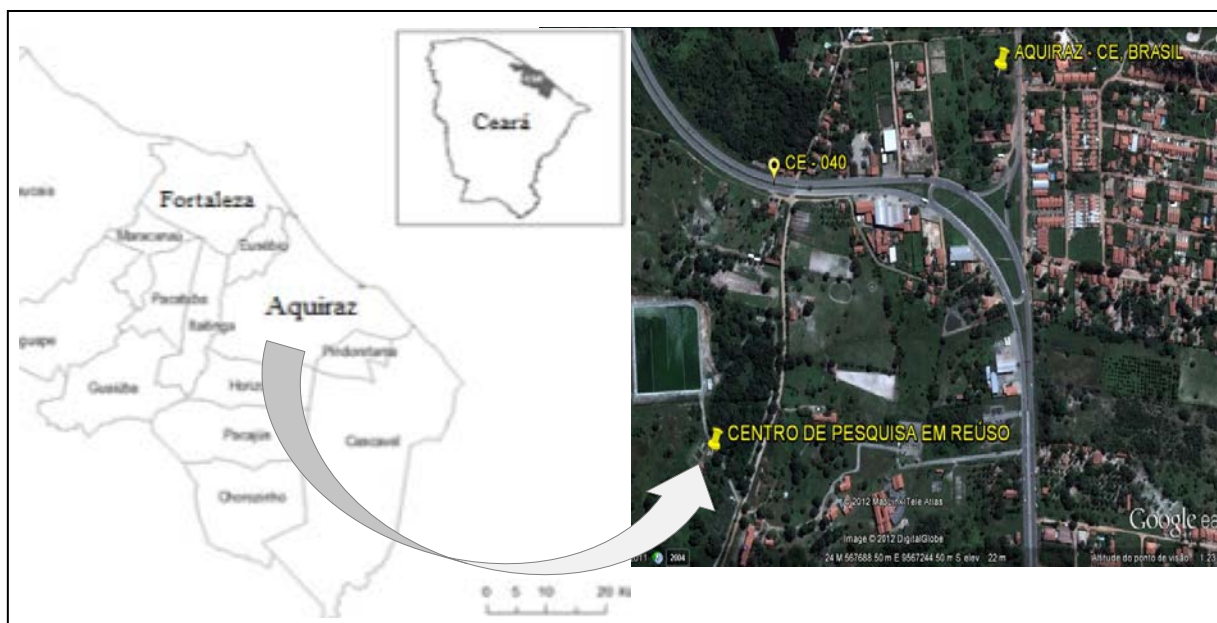


Figura 1 – Mapa de localização do centro de pesquisa em reúso da Cagece/ Universidade Federal do Ceará. Imagem Satélite Google Earth. Aquiraz-CE, Brasil.

O clima da região é caracterizado, segundo a classificação de Köppen, como sendo do tipo Aw, tropical (inverno seco e verão úmido), clima quente e úmido com chuvas de verão, durante os meses de janeiro a maio. As temperaturas médias mensais estão entre 26 °C e 28 °C e a pluviosidade média anual é 1.379,9mm (BRASIL, 1973; IPECE, 2011).

Antes da implantação do experimento, amostras compostas de quatro pontos aleatórios foram retiradas para determinação dos atributos físicos e químicos, nas camadas de 0-20 e 20-40cm. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Acinzentado Eutrófico (EMBRAPA, 2006). Esse tipo de solo apresenta limitações decorrentes da fertilidade natural e da textura arenosa em superfície.

Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições. A área de plantio foi subdividida em quatro blocos medindo 70m² (7m x 10m), com espaçamento entre plantas de 1,00m e espaçamento entre linhas de 2,00m. Foram reservadas ainda as linhas laterais, as quais serviram como bordaduras. Conforme figura 2, cada bloco continha 5 linhas de plantio com 7 plantas, onde os tratamentos eram aplicados em um total de 168 plantas na área de plantio. A área total do experimento foi de 336 m² (14m x 24m) e a área útil, considerando apenas as parcelas, foi de 224 m².

Foram estudados 5 tipos de tratamento: T1 - irrigação com água bruta e adubação de fundação com esterco curtido; T2 - irrigação com água bruta e adubação de fundação e de cobertura (NPKS + esterco curtido); T3 - irrigação com água bruta e dose de urina recomendada; T4 - irrigação com água bruta e metade da dose de urina recomendada; T5 - irrigação com água bruta e 1,5 da dose de urina recomendada (Tabela 1).

Tabela 1 - Tratamentos aplicados no cultivo da mamoneira. Aquiraz-CE.

Tratamento	Descrição	Tipo de fertilizante
T1	Controle: adubação orgânica e fertilizante químico	Orgânico (esterco curtido) e químico (ureia, superfosfato simples, cloreto de potássio e FTE BR12)
T2	Urina mais calcário dolomítico	Natural (urina) e químico (calcário dolomítico)
T3	Urina	Natural (urina)
T4	Metade da dose de urina	Natural (urina)
T5	1,5 da dose de urina	Natural (urina)

De posse dos resultados da análise química do solo, realizou-se a recomendação de adubação para a cultura da mamona. No tratamento 1 (T1), utilizaram-se dois tipos de adubos: químico e orgânico. Os valores aplicados para o adubo químico foram os seguintes: 60 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, correspondendo a 27 gramas de ureia por cova; 80 kg.ha⁻¹ de fósforo, representado por 70 gramas de superfosfato simples, e 60 kg.ha⁻¹ de potássio, ou seja, 20 gramas de cloreto de potássio. Quanto ao adubo orgânico, foi aplicado esterco curtido na taxa de 5,0 litros por cova.

Cálculo da demanda de urina e aplicação

Com a caracterização físico-química da urina, foi possível calcular o volume de urina a ser aplicado por cova, a partir da demanda nutricional da cultivar, constituindo de 12gN/planta, ou 60kg.ha⁻¹, a mesma adotada para T1.

A partir da concentração de 5.638,5mgN.L⁻¹ e adotando uma perda por volatilização da amônia igual a 25% no momento da aplicação, o volume determinado foi de 2,93L/planta e arredondado, por conveniência, para 3,0L/planta em T2 e T3.

A urina foi adicionada ao solo em três parcelas, 1/3 aos 60 dias, 1/3 aos 90 e 1/3 aos 120 dias após o plantio, em cobertura. O que distinguiu os tratamentos foram os volumes, com exceção de T2 e T3, onde foram aplicados os mesmos volumes (3,0 L), diferenciando-se apenas a adição de calcário dolomítico (50g) em T2. Para T4 e T5, os volumes totais foram: 1,5 e 4,5 litros, respectivamente.

Manejo de irrigação

A área cultivada com mamona foi irrigada por gotejamento, sistema selecionado por ser um dos mais utilizados pelos agricultores rurais. Os gotejadores possuíam a vazão de 2,2 L.h⁻¹. O tempo real de irrigação por turno de rega de um dia foi de aproximadamente 1 hora, definido a partir do estudo de evaporação, tendo como base de dados o tanque classe A instalado no local.

Semeadura

Foram semeadas 3 sementes por cova e, ao completar 20 dias de emergência, foi feito o desbaste das plantas menos desenvolvidas e defeituosas, deixando apenas uma planta em cada local de semeio.

Não houve necessidade de controle fitossanitário durante a condução do experimento. Para o controle de plantas daninhas foram efetuadas três capinas manuais, mantendo-se a lavoura livre destas ervas durante os primeiros noventa dias após a emergência.

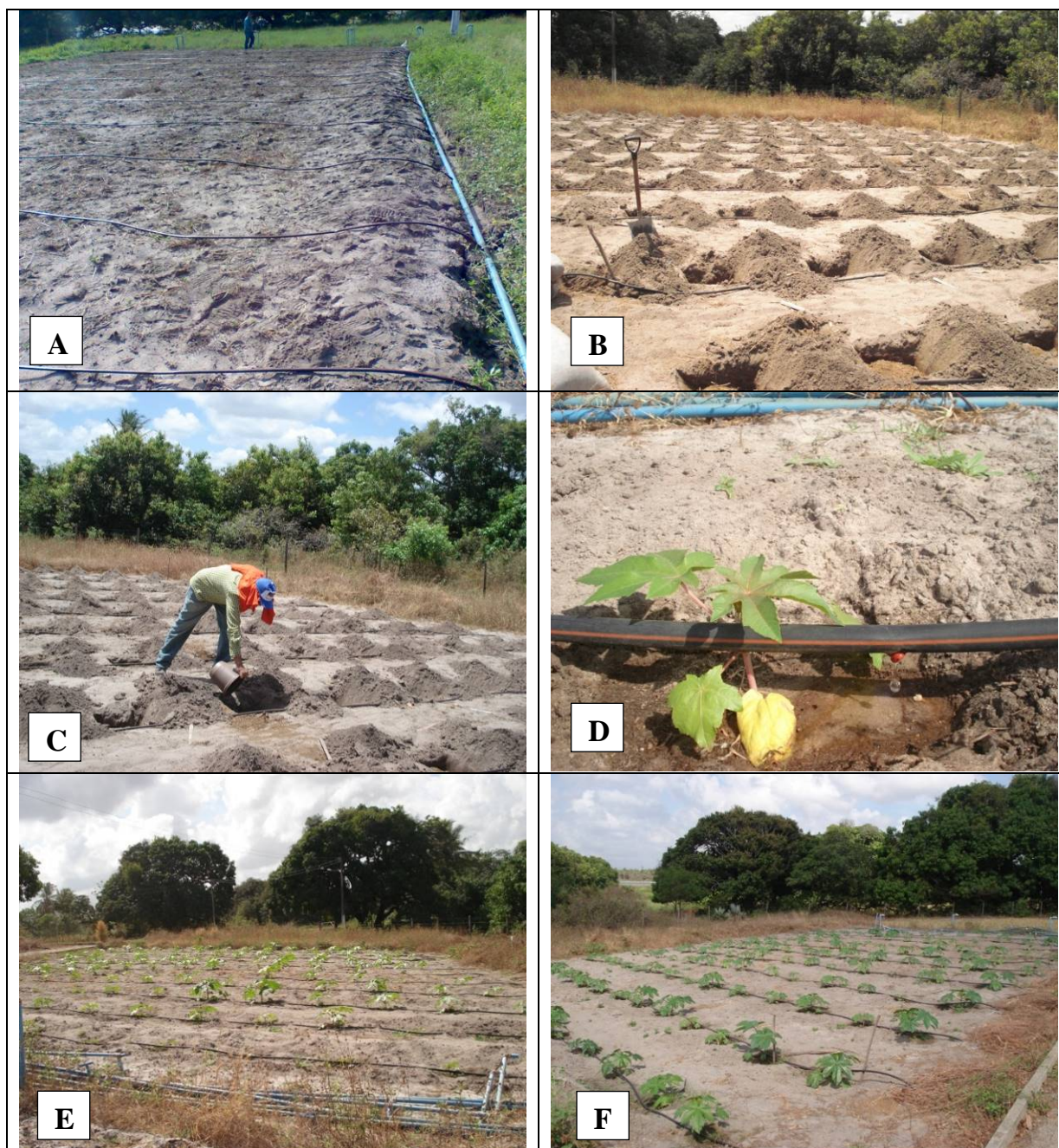


Figura 2 – Mosaico de imagens do plantio da mamona. (A) – Linha principal e secundárias do manejo de irrigação. (B) – Abertura de covas para adubação. (C) – aplicação do calcário dolomítico. (D) – detalhe da linha secundária e gotejador. (E) – Área do plantio da mamona. (F) – Área do plantio da mamona.

Colheita e beneficiamento

Foram feitas várias colheitas ao longo do ciclo da cultura, utilizando-se um alicate de poda e sacos de papel. Os racemos foram colhidos quando 2/3 dos frutos estavam maduros. Em seguida, foram identificados, separados por tratamento, repetição e ordem, e colocados para completar a secagem no secador do Laboratório de Análises de Sementes do Centro de Ciências Agrárias/UFC, a uma temperatura controlada de 40°C por um período de 2 dias.

Depois da secagem os racemos foram contados e pesados separadamente para cada tratamento, repetição e ordem. O beneficiamento dos frutos foi feito de forma manual após serem separados da raque.

Variáveis avaliadas

Os dados das variáveis de produção foram coletados aos 150 dias após a semeadura (DAS). Foram determinados, portanto, os seguintes componentes: peso de mil sementes, produtividade dos grãos e percentual do extrato etéreo (óleo).

Análise estatística

As variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância (ANOVA), pelo teste F a um nível de significância de 1 a 5% e análise de regressão em função do tratamento estudado. Quando verificado efeito significativo na análise da variância, as médias obtidas nos diferentes tratamentos foram comparadas pelo Teste Scott e Knott a um nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram efetuadas empregando-se o software SISVAR, versão 5.3 (Build 77), desenvolvido no Departamento de Ciências Exatas da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Amaral (2003), pode-se classificar a peso de mil sementes de mamoneira em três classes: baixa, com valores inferiores a 400g; média, entre 400 e 500g e alta, com valores superiores a 500g. Com base nesta classificação, conclui-se que T1 está situado na classe alta, com 502,39g; T2 classificado como médio, com 487,42g; T3 situado na classe média, com 484,6g; T4, classe baixa, com 394,7g e T5, classe média, mas bem próximo da classe alta, com 496,75g.

Apenas T4, com média do peso de mil sementes igual a 394,7g, diferiu estatisticamente dos demais tratamentos (tabela 2). Este valor reduzido deve-se ao menor aporte de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio fornecidos às plantas.

Tabela 2 - Médias de peso de mil sementes, produtividade e teor de óleo.

Tratamentos	Peso de mil sementes (g)	Produtividade (kg/ha)	Teor de óleo (%)
T1	502,4 ^b	1270,9 ^d	55,9 ^a
T2	487,4 ^b	1048,8 ^c	53,6 ^a
T3	484,6 ^b	671,8 ^b	55,5 ^a
T4	394,7 ^a	477,8 ^a	54,2 ^a
T5	496,7 ^b	1081,2 ^c	55,44 ^a

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade.

Mesmo com resultados discrepantes entre os tratamentos T1, T2, T3 e T5, estes não representaram efeitos expressivos, podendo-se inferir que o peso de sementes é o mesmo quando se utiliza adubação química e adubação com urina.

Conforme informações de Embrapa Algodão (2002), a cultivar BRS Nordestina fornece um peso médio de 68g a cada cem sementes. Em nenhum tratamento foi possível alcançar tal valor.

Quanto à produtividade, os resultados dos tratamentos foram muito discrepantes. Acredita-se que isto tenha ocorrido devido ao sinergismo de diferentes componentes: peso de frutos por planta, número de racemos por planta e número de frutos por racemo, que em escala cumulativa, possuíram consequências diretas na produtividade.

As produtividades médias das sementes da mamona foram as seguintes: 1270,9; 1048,5; 671,8; 477,8 e 1081,2 kg.ha⁻¹, o que representa diferenças relativas entre o tratamento controle (1270,9kg.ha⁻¹) e os demais de: 17,5; 47,1; 62,4 e 14,9%, respectivamente para T2; T3; T4 e T5.

A partir da figura 3, verifica-se que a produtividade se comportou de forma linear quando se incorporou 50% a mais de urina, com um coeficiente (R²) igual a 0,9592, obedecendo à equação $y=201,13.x+140,22$, onde “x” representa o volume da urina aplicada (T4=1,5L; T3=3,0L; T4=4,5L) e “y” a produtividade média das sementes de mamona. Vale destacar, que este gráfico foi montado invertendo a sequência de T3 e T4 a fim de

determinar a curva de regressão da produtividade com o acréscimo de 50% do volume de urina (T4 – 50%; T3 – 100% e T5 – 150%).

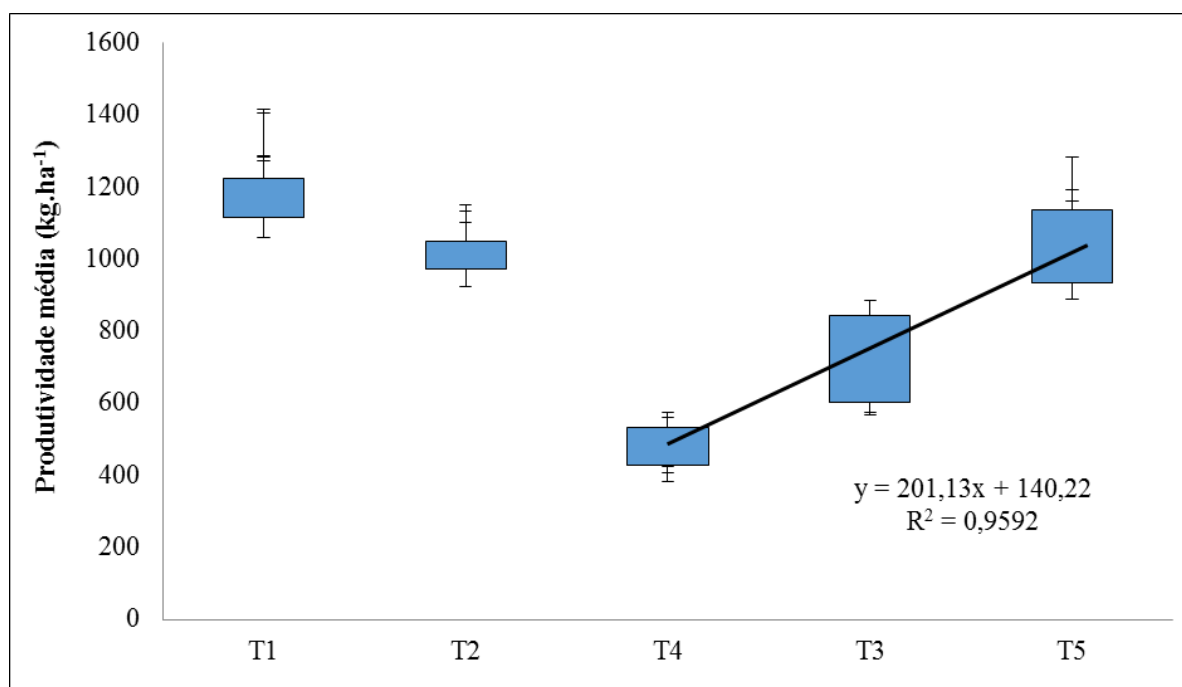


Figura 3 – Produtividades em função do tratamento aplicado. Aquiraz-CE, 2011.

Apenas T2 e T5 não diferem estatisticamente entre si. Já a fertilização química respondeu de forma significativa e atingiu a maior média (1270,9 kg.ha⁻¹). Todavia, e com resultados já esperados, T4 alcançou a menor produtividade (477,8 kg.ha⁻¹), diferindo dos demais tratamentos. Logo, a produtividade da semente variou conforme o tipo de adubação (química ou urina) e quanto ao volume de urina aplicado.

Salienta-se que, conforme Santos et al. (2004), a frutificação é comprometida quando há deficiência de N, produzindo poucos racemos e frutos com peso abaixo do esperado. Nesse contexto, a baixa produção verificada, principalmente em T4, pode ser atribuída ao desbalanceamento de nutrientes.

Os resultados desta pesquisa ficaram abaixo das produtividades encontradas na literatura existente. Diniz Neto et al. (2008) obtiveram valores entre 1400 e 1700 kg.ha⁻¹, variando os níveis de adubação até 120-75-45 kg.ha⁻¹ de NPK. Souza (2006), pesquisando na mesma área de plantio (centro de pesquisa em reuso no município de Aquiraz), conseguiu médias de 887,5 kg.ha⁻¹ para o tratamento com adubação comercial recomendada e 1986,2 kg.ha⁻¹ para o tratamento com esgoto e adubação comercial recomendada. Nascimento et al. (2011) alcançaram produtividades de 0,98 a 2,8 t.ha⁻¹ aplicando lodo de esgoto na concentração de 0 a 60 t.ha⁻¹.

Segundo Carvalho (2005), algumas variedades podem produzir até 1.500 kg.ha⁻¹ de bagas em regime de sequeiro e em condições de irrigação a produtividade pode alcançar patamares de 5000 kg.ha⁻¹.

Por outro lado, e guardada as devidas proporcionalidades quanto ao manejo da colheita, do beneficiamento e do local de plantio, os resultados alcançados nos tratamentos com urina foram maiores do que as produtividades do estado do Ceará e do Brasil, tomando como base de comparação os anos de 2005 a 2012.

Com exceção de T3 e T4, todos os demais tratamentos responderam com uma produtividade acima de 25% da produção do Brasil, conforme verificado na figura 4. O tratamento em que se utilizou 150% de urina foi 28,4% superior à maior produtividade brasileira ocorrida em 2008 (774 kg.ha⁻¹).

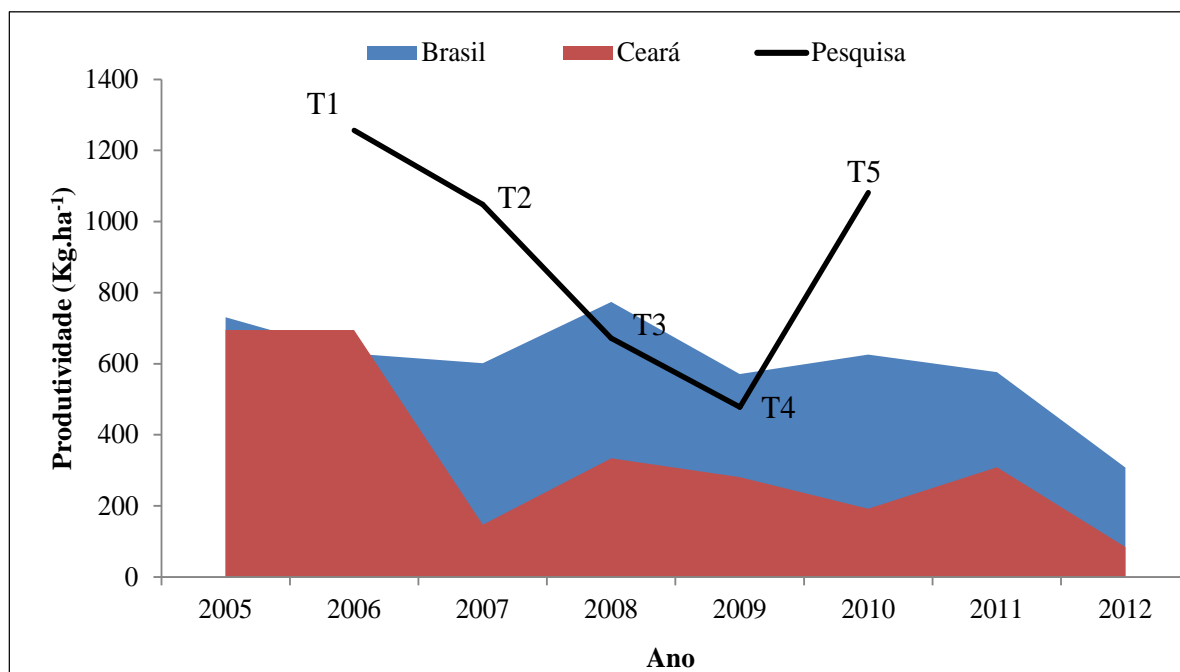


Figura 4 – Produtividades médias da mamona no Brasil e no Ceará entre os anos de 2005 a 2012 em comparação com as produtividades média por tratamento obtidas nesta pesquisa.

Fonte: Dados próprios e banco de dados SIDRA IBGE.

Observa-se, claramente, pela figura 4, que em 2007 a produtividade no estado do Ceará decresceu subitamente, manteve estável até 2010 e, novamente, apresentou uma queda acentuada a partir de 2011. César; Batalha (2011) afirmam que a introdução do óleo da mamona como matéria prima para produção do biodiesel estimulou intensamente os agricultores rurais a investir nesta cultura, gerando o aumento registrado em 2005.

No entanto, após o primeiro ano do programa do biodiesel, ainda não havia uma linha de investimento definida, nem mesmo um acordo a respeito de valores financeiros entre os agricultores e as empresas de biodiesel, acarretando em um acúmulo de óleo no mercado de 2006. Os baixos preços pagos pela saca da semente de mamona aos agricultores locais levaram à inevitável redução da produtividade nos anos subsequentes.

Por acreditarem que a mamona pode ser cultivada em solos pobres com deficiência de nutrientes, os agricultores, devido principalmente ao elevado risco com o investimento, não utilizam fertilizantes no cultivo da mamoneira. A consequência direta para tal prática é a redução de sua produtividade, conforme se observa partir do ano de 2006 (CÉSAR; BATALHA, 2011).

Outro aspecto importante mencionado por Nascimento et al. (2011) e que deve ser levado em consideração é o alto custo dos fertilizantes químicos, consequência da alta demanda de energia para a sua produção, o que realmente inviabiliza a aplicação destes pelos pequenos agricultores.

Quanto ao teor de óleo, em todos os tratamentos foi verificado um alto percentual de óleo, com valores de 55,93; 53,63; 55,49; 54,21 e 55,41%, para T1; T2; T3; T4 e T5, respectivamente. A mamoneira respondeu de forma equivalente aos tratamentos empregados, indicando que o teor de óleo das sementes não sofreu efeito expressivo ($p > 0,05$), quanto ao tipo de adubação e nem quanto ao volume de urina aportado na cultura.

Os resultados desta pesquisa vêm a corroborar com KOUTROUBAS et al. (2000), quando afirmam que a produtividade de grãos é o componente de produção que se deve dar mais importância no manejo da mamoneira, pois o rendimento de óleo é menos afetado pelo conteúdo de óleo presente na semente, que apresenta baixa variação.

Verifica-se, desta forma, que a urina proporcionou produtividades equivalentes à fertilização química, sem comprometer a qualidade do óleo, no que diz respeito ao percentual de teor deste produto das sementes.

Em diversas pesquisas já foi demonstrado o benefício do reúso de efluentes domésticos na produção de mamona, principalmente como incentivo a mais para implementação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. Considerando os altos preços dos fertilizantes, a inexistência de sistemas de coleta e tratamento de esgotos em zonas rurais e os resultados aqui demonstrados, a urina humana configura mais uma alternativa como fertilizante natural eficaz, de imediata aplicação e adequada à realidade dos pequenos agricultores rurais.

O biodiesel classificado como uma fonte de energia sustentável obtido a partir do cultivo de oleaginosas fertilizadas com urina vem a contribuir para mitigar a depleção dos recursos naturais, reduzindo a eutrofização da água e os impactos provocados sobre o meio ambiente, pela produção e consumo de energia.

A análise estatística corroborou a possibilidade anteriormente descrita de substituição da fertilização química pela urina, avaliado sob a ótica dos parâmetros de produção apreciados. Contudo, vale considerar, segundo Severino et al. (2006), que dificilmente um material orgânico terá todos os nutrientes essenciais na quantidade exigida, o que limita a utilização da adubação orgânica como única fonte de nutrientes, devendo-se utilizá-la em conjunto com a adubação química.

CONCLUSÕES

Com relação à produtividade, os resultados dos tratamentos foram bem discrepantes. A fertilização química respondeu de forma significativa e atingiu a maior média ($p < 0,05$) no fim do ciclo. Verificou-se, ainda, que quanto maior a taxa de urina aplicada, melhor foi a resposta de produtividade, considerando a dose máxima aplicada de 1,5 vezes. Quanto ao teor de óleo da semente, em todos os tratamentos foi verificado um alto percentual, sem apresentar diferenças significativas deste entre os tratamentos avaliados.

A prática do uso da urina humana no cultivo da mamona de forma complementar ou até mesmo substitutiva à adubação química pode vir a ser uma alternativa viável para tornar o biodiesel um produto menos oneroso e mais competitivo, passando a exercer um papel mais importante na matriz energética do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKPAN-IDIOKA, A. U.; UDOB, I. A.; BRAIDEC, E. I. The use of human urine as an organic fertilizer in the production of okra (*Abelmoschus esculentus*) in South Eastern Nigeria. *Resources, Conservation and Recycling*, 62, p. 14-20. 2012.
2. AMARAL, J. G. C. Variabilidade genética para características agronômicas entre progênies autofecundadas de mamona (*Ricinus communis* L.) cv. AL Guarany 2002. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.
3. BELTRÃO, N.E. de M.; SILVA, L.C.; VASCONCELOS, O.L.; AZEVEDO, D.M.P.; VIERA, D.J. O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. Cap.2, Fitologia.
4. BRAGA, F. L. P.; KHAN, A. S.; MERA, R. D M. Balanço econômico da produção de mamona e balanço energético da obtenção de biodiesel no estado do Ceará. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, Rio Branco-AC, 20 a 23 de julho de 2008. Anais... Rio Branco – AC, 2008. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/9/140.pdf>. Acesso em: 19 de maio de 2012.
5. BRASIL, Lei n. 11.097, 13 de Janeiro de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília DF (01/14/2005), 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm. Acessado em: 20 de maio de 2012.
6. BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Rio de Janeiro: MAPA/SUDENE, 1973. v. 1, p.301 (Boletim Técnico, 28).
7. CARVALHO, B. C. L. Manual do cultivo da mamona. Salvador: EBDA, 65p, 2005.
8. CÉSAR, A. S.; BATALHA, M. O. Biodiesel production from castor oil in Brazil: A difficult reality. *Energy Policy*, v. 38, p. 4031–4039. 2011.

9. DINIZ NETO, M.A.; TAVORA, F.J.A.; CRISOSTOMO, L.A.; DINIZ, B.L.M.T. Crescimento e produtividade de duas cultivares de mamona com diferentes níveis de adubação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, III, 2008, Pentecoste – CE. Anais... Salvador – BA, 2008.
10. EMBRAPA ALGODÃO. BRS – 149 Nordestina. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002. 1 folder.
11. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
12. FREITAS, S.M.; FREDO, C.E. Biodiesel a base de óleo de mamona: algumas considerações. Informações Econômicas, SP, v. 35, n.1, p. 37–42, 2005.
13. GANROT, Z.; DAVE, G.; NILSSON, E.; LI, B. Plant availability of nutrients recovered as solids from human urine tested in climate chamber on Triticum aestivum L. Bioresource Technology. 98, p. 3122–3129. 2007.
14. GERMER, J.; ADDAIB, S.; SAUERBORNA, J. Response of grain sorghum to fertilisation with human urine. Field Crops Research, 122, p. 234–241, 2011.
15. GUZHA, E.; NHAPI, I.; ROCKSTRÖM, J. An assessment of the effect of human faeces and urine on maize production and water productivity. Physics and Chemistry of the Earth, v. 30, p. 840–845. 2005.
16. HEINONEN-TANSKI, H.; SJÖBLOM, A.; FABRITIUS, H.; KARINEN, P. Pure human urine is a good fertiliser for cucumbers. Bioresource Technology 98, pp. 214–217, 2007.
17. IICA – Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. Informe sobre a situação e perspectivas da agroenergia e dos biocombustíveis no Brasil. 2007. Disponível em: http://ceragro.iica.int/Documents/situacao_e_perspectivas_biocombustivel_no_brasil.pdf. Acesso em: 20 abr. 2012.
18. IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil Básico Municipal – Aquiraz. Secretaria de Planejamento e Gestão – Governo do Estado do Ceará. 2011. Disponível em: http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2011/Aquiraz.pdf. Acesso em: 08 de junho de 2012.
19. JOHANSSON, M.; JÖNSSON, H.; HÖGLUND, C.; STINTZING, A. R.; RODHE, L. Urine separation – closing the nutrient cycle (English version of report originally published in Swedish). Stockholm Water Company. Stockholm., Sweden, 2001.
20. JÖNSSON H, STINTZING A.R.; VINNERSÅS, B.; SALOMON, E. Guidelines on the Use of Urine and Faeces in Crop Production, EcoSanRes Publication Series Report 2004-2, Stockholm Environment Institute, Sweden; 2004.
21. KARAK, T.; BHATTACHARYYA, P. Human urine as a source of alternative natural fertilizer in agriculture: A flight of fancy or an achievable reality. Resource Conservation Recycling. 2011, doi:10.1016/j.resconrec.2010.12.008.
22. KASSA, K.; MEINZINGER, F.; ZEWDIE, W. Experiences from the use of urine in Arba Minch, Ethiopia. EcoSan Club, Sustainable Sanitation Practice Journals, Issue 3, 2010. Disponível em: <http://www.susana.org/lang-en/library?view=ccbktypeitem &type=2&id=1033>. Acesso em: 27 de setembro de 2011.
23. KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Water requirements for castor oil crops (Ricinus communis L.) in a Mediterranean climate. J. Agro. & Crop science, Berlin, p. 33–41, 2000.
24. LIND, B.; BAN, Z.; BYDÉN, S. Volume reduction and concentration of nutrients in human urine. Ecological Engineering, Sweden, v.16, n.4, p.562–566, 2000.
25. MENDES, R. de A. Diagnóstico, análise de governança e proposição de gestão para a cadeia produtiva do biodiesel da mamona (CP/BDMA): o caso do Ceará. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, Ceará, 2005.
26. MNKENI, P.N.S.; KUTU, F.R.; MUCHAONYERWA, P.; AUSTIN, L.M. Evaluation of human urine as a source of nutrients for selected vegetables and maize under tunnel house conditions in the Eastern Cape, South Africa. Waste Manage. Res. J. 26, p. 132–139. 2008.
27. NASCIMENTO, A.L.; SAMPAIO, R.A.; BRANDÃO, D. da S.; ZUBA, G.R.; FERNANDES, L.A. Crescimento e Produtividade de Sementes de Mamona Tratada com Lodo de Esgoto. Revista Caatinga, Mossoró, Rio Grande do Norte, v. 24, n.4, p.145–151, 2011.
28. PRADHAN S.K., HOLOPAINEN J.K. AND HEINONEN-TANSKI H. Stored Human Urine Supplemented with Wood Ash as Fertilizer in Tomato (Solanum lycopersicum) Cultivation and Its Impacts on Fruit Yield and Quality. Agricultural and Food Chemistry, v. 57, n. 16, p. 7612–7617, 2009.
29. PRADHAN, S. K.; HOLOPAINEN, J. K.; WEISELL, J.; HEINONEN-TANSKI, H. Human Urine and Wood Ash as Plant Nutrients for Red Beet (Beta vulgaris) Cultivation: impacts on Yield Quality. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58, p. 2034 – 2039. 2010.

30. PRADHAN, S.K.; NERG, A.M.; SJOBLOM, A.; HOLOPAINEN, J.K.; HEINONEN-TANSKI, H. Use of Human Urine Fertilizer in cultivation of Cabbage (*Brassica oleracea*) – Impact on chemical, Microbial, and Flavor Quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 55, p. 8657 – 8863. 2007.
31. RICHERT, A.; GENSCHE, R.; JOENSSON, H.; STENSTROEM, T.A.; DAGERSKOG, L. Practical Guidance on the Use of Urine in Crop Production. Stockholm: Stockholm Environment Institute (SEI). 2010. Disponível em: http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR2010-1-PracticalGuidanceOnTheUseOfUrineInCropProduction.pdf. Acesso em: 10 de out. 2011.
32. RODHE, L.; STINTZING, A.R. STEINECK, S. Ammonia emissions after application of human urine to a clay soil for barley growth. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 68, p. 191–198, 2004
33. SALLET, C.; ALVIM, A. Biocombustíveis: uma análise da evolução do biodiesel no Brasil. *Revista Economia & Tecnologia, América do Norte*, 7, mai. 2012. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs-2.2.4/index.php/ret/article/view/26828/17793>. Acesso em: 19 Mai. 2012.
34. SANTOS, A. C. M.; FERREIRA, G. B.; XAVIER, R. M.; FERREIRA, M. M. M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M. Deficiência de nitrogênio na mamona (*Ricinus communis*): Descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA - ENERGIA E SUSTENTABILIDADE, 1, 2004, Campina Grande. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004a. 7p.
35. SAVY FILHO, A.; BANZATTO, N. V.; VEIGA, R. F. de A.; CHIAVEGATO, E. J.; CAMARGO, C. E. de O.; CAMPO-DALL'ORTO F. A.; GODOY, I. J. de; FAZUOLI, L. C.; CARBONEL, S. A. M.; SIQUEIRA, W. J. Descritores mínimos para o registro institucional de cultivares: Mamona. Campinas: IAC, 1999. 7p. (Documentos IAC, 61).
36. SENE, M.; HIJIKATA, N.; USHIJIMA, K.; FUNAMIZU, N. Adequate human urine application pattern for agriculture. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, v. 2(1), p. 38-45. 2012. Disponível em: <http://www.interestjournals.org/IRJAS>. Acesso em: 10 de dez. 2012.
37. SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, 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. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 5, p. 879-882, 2006.
38. SHRESTHA, D.; SRIVASTAVA, A.; MAN SHAKYA, S.; KHADKA, J.; SHARMA ACHARYA, B. Use of compost supplemented human urine in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) production. *Scientia Horticulturae*. v.153, p. 8–12. 2013.
39. SOUZA, A. dos S. Manejo cultural da mamoneira: época de plantio, irrigação, espaçamento e competição de cultivares. Tese (Doutorado em Agronomia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, Ceará. 2007.
40. SOUZA, N. C. Produtividade da mamona, irrigada com esgoto doméstico tratado em lagoas de estabilização. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Mestrado em Engenharia Civil – Área de concentração: Saneamento Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza-CE, 2006
41. SOUZA, N. C.; MOTA, S. B.; BEZERRA, F. M. L.; AQUINO, B. F.; DOS SANTOS, A. B. Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.14, n.5, p.478–484, 2010.
42. TÁVORA, F. J. A. F. A cultura da mamona. Fortaleza: EPACE, 1982. 111p.
43. TIDÅKER, P.; MATSSON, B.; JONSSON, H. Environmental impact of wheat production using human urine and mineral fertilisers - a scenario study. *Journal of Cleaner Production*. 15. p. 52-62. 2007.
44. VANGUARDA AGRO. Biodiesel – Introdução. 2010. Disponível em: <http://www.v-agro.com.br/>. Acesso em 12 ago. 2012.
45. VIEIRA, R. M.; LIMA, E. F. Importância socioeconômica e melhoramento genético da mamoneira no Brasil. In QUEIROZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro. Disponível em: <http://www.cpatia.embrapa.br>. Acesso em: 05 ago. 2008.
46. VINNERÅS, B.; JÖNSSON, H. The performance and potential of faecal separation and urine diversion to recycle plant nutrients in household wastewater. *Bioresource Technology*, 84 p. 275 – 282. 2002.
47. WAFLER, M.; WERNER, C. Ecosan Project Experiences in German Development Cooperation – Examples, Obstacles and Opportunities. In: 8th sp. conference on small water & wastewater systems & 2nd sp. conference on decentralized water & wastewater int. network, Coimbatore, India, 2008. Disponível em: <http://www2.gtz.de/dokumente/oe44/ecosan/nl/en-gtz-ecosan-project-examples-obstacles-and-opportunities-india-2008.pdf>. Acesso em: 18 de maio de 2012.
48. XAVIER, J. F.; AZEVEDO, C. A. V.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. R. S.; LIMA, V. L. A. Crescimento da mamoneira sob diferentes tipos de águas residuárias e níveis de água no solo. *Ambi-água*, Taubaté, v. 4, n. 3, p. 196-210, 2009.