

Utilizacao da torta de ...
2011 TS-PP-2011.00006



CPATSA-46155-1



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO SOLO**

LUCIMARA BATISTA FERNANDES

**UTILIZAÇÃO DA TORTA DE MAMONA NA ADUBAÇÃO DA CULTURA DA
MAMONA**

2011
1
PP-2011.00006

**MOSSORÓ - RN
2011**

LUCIMARA BATISTA FERNANDES

UTILIZAÇÃO DA TORTA DE MAMONA NA ADUBAÇÃO DA CULTURA DA
MAMONA

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do título de "Mestre em Ciências do Solo".

Orientador: Prof. Dr. Davi José Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Fábio Henrique Tavares de Oliveira

MOSSORÓ – RN
2011

Em tipo

Unidade:
Valor aquisição:
Data aquisição:
N.º II Fiscal/Entora:
Fornecedor:
N.º CCS:
Origem:
N.º Registro:

Aos meus pais Ginaldo Marques
Fernandes e Lúcia Batista de
Oliveira Fernandes, pelo amor,
força, carinho, dedicação,
compreensão e confiança.

Por acreditarem e contribuírem em
minhas conquistas.

As minhas irmãs Luciene e Luciana
pela união, amor e compreensão.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido à vida, nunca ter me abandonado nos momentos difíceis, dando forças e coragem para superar as dificuldades, iluminando meus caminhos para que eu pudesse alcançar meus objetivos de forma digna e honesta.

Aos meus pais, pelo incentivo e ajuda nos momentos difíceis. Pelos ensinamentos de vida, que sempre foram motivos do meu orgulho e respeito.

As minhas irmãs pelo amor e cumplicidade que tiveram ao longo de minha vida.

Ao Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo, pelo aprendizado e pela oportunidade para a realização do curso.

Ao CNPq pelo financiamento desta pesquisa.

Ao Professor Fábio Henrique Tavares de Oliveira, por toda atenção prestada, pela ajuda preciosa, pela dedicação ao ensino, profissionalismo e por proporcionar a realização deste trabalho.

Ao Professor Davi José Silva, pela compreensão e pelas orientações valiosas.

À professora Damiana Cleuma por todos esses anos de convivência, amizade sincera, por todo o incentivo e carinho. E por ter aceitado participar da banca examinadora.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo da UFERSA, pela grande contribuição na minha formação profissional.

À todos os funcionários do prédio de solos, pelo carinho.

Ao amigo Francisco de Assis (Tikão) pela amizade, pelo apoio e ajuda tão valiosa.

Ao Prof. Everaldo Zonta, pelo apoio na realização das análises foliares realizadas no laboratório da UFRRJ.

À Jair Guedes, laboratorista da UFRRJ, pela valiosa ajuda na condução das análises foliares.

Aos colegas, Gilton Góes, pela ajuda mútua na condução do experimento, Fábio Queiroga, pelo apoio e acompanhamento na condução do experimento, Alexandre, Matoso, Joana D'arc, Valdívia e tantos outros que contribuíram nos trabalhos de campo.

A todos os amigos que direta e indiretamente ajudaram na realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

LUCIMARA BATISTA FERNANDES, filha de Ginaldo Marques Fernandes e Lucia Batista Fernandes, nasceu na cidade de Catolé do Rocha no estado da Paraíba, em 05 de fevereiro de 1982.

Graduou-se em Técnica em Construção Civil pelo Instituto Federal de Educação Tecnológica de Mossoró, RN (IFRN), em Janeiro de 2000, Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido em Janeiro de 2007. Em Março de 2009, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo na Universidade federal Rural do Semi-Árido.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1. Aspectos botânicos e agronômicos.....	14
2.2. Importância e perspectivas da mamona para Região Nordeste.....	15
2.3. Torta da mamona como adubo orgânico.....	17
2.4. Adubação orgânica e respostas na cultura da mamona.....	19
2.5. Adubação nitrogenada e respostas na cultura da mamona.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1. Descrição da área.....	23
3.2. Instalação do experimento.....	23
3.3. Condução do experimento.....	26
3.4. Análises estatísticas.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1. Torta de mamona como única fonte de nutrientes.....	28
4.1.1. Características de crescimento e componentes de produção.....	28
4.1.2. Concentração de macronutrientes na folha diagnóstica.....	32
4.1.3. Concentração de micronutrientes na folha diagnóstica.....	35
4.2. Proporções de torta de mamona em substituição a dose de nitrogênio mineral recomendada.....	38
4.2.1. Características de crescimento e componentes de produção.....	38
4.2.2. Concentração de macronutrientes na folha diagnóstica.....	41
4.2.3. Concentração de micronutrientes na folha diagnóstica.....	44
4.3. Influência da torta de mamona nas características química do solo.....	45
5. CONCLUSÕES.....	48
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
APÊNDICE.....	55

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1- Características químicas e granulométricas da amostra de solo coletada na profundidade de 0-20 cm no local do experimento.....	23
Quadro 2- Tratamentos constituídos por quantidades e proporções de torta de mamona e fertilizante mineral para a cultura da mamona.....	25
Quadro 3- Teores totais de carbono orgânico e macronutrientes encontrados na torta de mamona utilizada no experimento.....	26
Quadro 4- Diâmetro do caule (DCAU), altura de planta (ALTP), altura do racemo (ARAC), número de racemos por planta (NRAC) e produtividade (PROD) da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes doses de torta de mamona. Média de quatro repetições.....	28
Quadro 5- Concentração de macronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes doses de torta de mamona. Média de quatro repetições.....	32
Quadro 6- Concentração de micronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes doses de torta de mamona. Média de quatro repetições.....	35
Quadro 7- Diâmetro do caule (DCAU), altura de planta (APLA), altura do racemo (ARAC), número de racemos por planta (NRAC) e produtividade (PROD) da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada. Média de quatro repetições.....	38
Quadro 8- Concentração de macronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada. Média de quatro repetições.....	41
Quadro 9- Concentração de micronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada. Média de quatro repetições.....	44
Quadro 10- Características químicas do solo em função de diferentes tratamentos com torta de mamona em diferentes épocas de avaliação.....	45

FIGURAS

	Página
Figura 1- Diâmetro do caule, altura da planta, produtividade, número de racemos por planta e altura do racemo de plantas de mamona submetidas a adubação com diferentes doses de torta de mamona.....	29
Figura 2- Concentração de macronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes doses de torta de mamona.....	33
Figura 3- Concentração de micronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes doses de torta de mamona.....	37
Figura 4- Diâmetro do caule, altura da planta, altura do racemo e número de racemos por planta e produtividade de plantas de mamona submetidas à adubação com diferentes proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada.....	40
Figura 5- Concentração de macronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada.....	43

APÊNDICE

Página

Quadro 1A-	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) para diâmetro do caule (DCAU), altura de planta (APLA), altura do racemo (ARAC), número de racemos por planta (NRAC) e produtividade (PROD) da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes doses de torta de mamona.....	56
Quadro 2A-	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) para concentração de macronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes doses de torta de mamona.....	56
Quadro 3A-	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) para concentração de micronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes doses de torta de mamona.....	57
Quadro 4A-	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) para diâmetro do caule (DCAU), altura de planta (APLA), altura do racemo (ARAC), número de racemos por planta (NRAC) e produtividade (PROD) da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada.....	57
Quadro 5A-	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) para teores de macronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada. Média de quatro repetições.....	58
Quadro 6A-	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) para concentração de micronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida a adubação com diferentes proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada.....	58

RESUMO

LUCIMARA BATISTA FERNANDES. **Utilização da torta da mamona na adubação da cultura da mamona.** Mossoró - RN, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Junho de 2011. 58p.il. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo. Orientador: Professor Dr. Davi José Silva.

A cultura da mamona se reveste de grande importância econômica e social para a economia brasileira, especialmente para o semi-árido nordestino, por ser resistente à seca e fixadora de mão-de-obra, por meio da geração de emprego. O crescimento da produção de mamona no Brasil e a expectativa de plantio de grandes áreas com o objetivo de produção de biodiesel atraiu a atenção sobre a torta de mamona, um importante subproduto dessa cadeia. Com o objetivo de avaliar o potencial da torta de mamona como fonte exclusiva de nutrientes para a cultura da mamona, bem como na substituição parcial ou total aos fertilizantes nitrogenados demandados pela cultura, foi conduzido um experimento de campo em um Cambissolo Háplico de textura franco-argilo-arenosa, no município de Baraúna-RN, durante o segundo semestre do ano de 2009. Os tratamentos consistiram de doses de torta de mamona (0, 5, 10, 20 e 30 t ha⁻¹) e de proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada para a cultura da mamona (0, 25, 50, 75 e 100%). Estes tratamentos foram dispostos no delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Foi realizada adubação de nivelamento com fósforo, potássio, enxofre, boro, zinco e cobre, fornecidos via adubação mineral, nos tratamentos que receberam as proporções de torta de mamona. No início do florescimento da mamoneira, foram coletadas amostras de folhas para realização de análise foliar. A dose de torta de mamona de 10 t ha⁻¹, como fonte exclusiva de nutrientes, aumentou o crescimento, a produtividade e melhorou estado nutricional das plantas. A substituição parcial ou total da dose de nitrogênio mineral recomendado para a cultura da mamona pela torta de mamona de PDS foi benéfica, uma vez que aumentou a produtividade da cultura. A torta de mamona proporcionou aumento da matéria orgânica do solo e dos teores residuais de fósforo e potássio no solo, assim como da percentagem de sódio trocável.

Palavras chave: *Ricinus communis*, nitrogênio, análise de solo, análise foliar.

Abstract

LUCIMARA BATISTA FERNANDES. **Fertilization of castor bean crop castor cake.** Mossoró - RN, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, June 2011. 58p.il. Dissertation. Pos-Graduate Program in Soil Science. Advisor: Dr. Davi José Silva.

The castor bean crop has a great economic and social importance for the Brazilian economy, especially for the semi-arid region to be drought resistant, fixing manpower through employment generation. The increased production of castor beans in Brazil and the expectation of planting large areas with the goal of producing biodiesel is attracted attention on the castor cake, an important byproduct of this chain. Aiming to evaluate the potential of castor cake as only source of nutrients for the cultivation of castor bean as well as partial or total nitrogenous fertilizers replacement demanded by this culture, was conducted a field experiment on a Cambisol Haplic of loamy-sandy-clay texture, in Baraúna-RN town, during the second semester of 2009. The treatments consisted of increasing doses of castor cake (0, 5, 10, 20 and 30 t ha⁻¹) and ratios of castor cake to replace mineral nitrogen rate recommended for castor bean crop (0, 25, 50, 75 and 100%). These treatments were arranged in randomized blocks, with four replications. Fertilization was leveling with phosphorus, potassium, sulfur, boron, zinc and copper, supplied via mineral fertilizer in treatments with the ratios of castor cake. In the early flowering of the castor bean crop, leaf samples were collected to perform leaf analysis. The dose of castor cake 10 t ha⁻¹ as the sole source of nutrients increased growth, improved productivity and nutritional status of plants. A partial or total mineral nitrogen dose recommended for the cultivation of the castor bean was beneficial as it increased the yield. The castor cake provided an increase of soil organic matter and the residual levels of soil phosphorus and potassium as well as the exchangeable sodium percentage.

Keywords: *Ricinus communis*, nitrogen, soil analysis, leaf analysis.

1. INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa de grande importância mundial por produzir um óleo com características químicas únicas e com largo emprego na indústria química. O crescimento da produção de mamona no Brasil e a expectativa de plantio de grandes áreas com objetivo de produção de biocombustíveis atraiu a atenção sobre a torta de mamona, um importante subproduto dessa cadeia produtiva, tendo que ter um destino ambientalmente adequado. Neste contexto, o uso da torta de mamona na agricultura como adubo orgânico é o mais viável, uma vez que diferente de outros tipos de torta, a torta de mamona apresenta princípios tóxicos de difícil eliminação, não sendo possível ser utilizada para alimentação animal.

Como adubo orgânico, a torta pode ser utilizada como fonte exclusiva de nutrientes e como substituta parcial ou total da adubação mineral nitrogenada, pois é uma excelente fonte de potássio, fósforo e nitrogênio, este último nutriente encontra-se em maiores teores na torta de mamona.

O uso de resíduos agrícolas parece ser uma alternativa, não só no aspecto ambiental, mas também para diminuir custos e garantir a ciclagem de nutrientes. No entanto, se faz necessário o estudo da dinâmica de mineralização dos nutrientes a fim de definir parâmetros úteis ao estabelecimento das doses a serem aplicadas aos solos.

Apesar do potencial de utilização da torta de mamona como adubo orgânico ainda são escassos trabalhos nesse sentido no Rio Grande do Norte, principalmente utilizando essa torta na própria cadeia produtiva da cultura da mamona. Isso se reveste de uma atenção especial porque o produtor de mamona é o que tem maior acesso a essa torta e a cultura da mamona é exigente em nutrientes e responde bem a adubação com torta de mamona. Além do mais, a Petrobrás desenvolveu no RN uma tecnologia de produção de biodiesel direto da semente (PDS) de modo que é necessário estudar os efeitos dessa torta de PDS na planta e no solo.

Diante do exposto, neste trabalho objetivou-se avaliar o potencial de uso da torta de PDS como fonte exclusiva de nutrientes para a cultura da mamoneira, bem como a substituição parcial ou total dos fertilizantes minerais no atendimento as demandas de nitrogênio para a cultura da mamona.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos botânicos e agronômicos

A mamona (*Ricinus communis* L.), planta pertencente à família das Euforbiáceas, de origem africana, é cultivada em diversos países do mundo, sendo a Índia, a China e o Brasil, nesta ordem, os maiores produtores mundiais. No Brasil, adaptou-se de forma ampla, sendo encontrada de norte a sul do país.

A mamoneira é uma planta heliófila, ou seja, deve ser plantada exposta diretamente ao sol e não tolera sombreamento. Possui sistema radicular vigoroso que se estende lateral e profundamente. Há forte emissão de radicelas ao longo das raízes, conferindo grande área de absorção de água e nutrientes do solo. Quando a planta é jovem, o caule é brilhante, tenro e suculento. À medida que a planta envelhece, torna-se lenhoso. Apresenta grande variação na coloração, podendo ser verde, arroxeadado e vermelho; pode apresentar cera ou não, rugosidade e nós bem definidos, com cicatrizes foliares proeminentes (Milani, 2008).

A planta da mamoneira produz várias ordens de racemo. O florescimento da mamona é chamado botanicamente de simpodial. O aparecimento da inflorescência dá-se seqüencialmente, com determinado intervalo entre a emissão das inflorescências primária e secundária, secundária e terciária, etc. A inflorescência é constituída pela ráquis, eixo em torno do qual crescem as flores femininas, na parte superior, e masculina na inferior (Savy Filho, 2005). A polinização é do tipo anemófila, podendo a taxa de alogamia chegar a mais de 40% (Ribeiro Filho, 1966). Os frutos podem ser deiscentes ou indeiscentes, podem apresentar coloração verde, vermelha ou intermediária.

Existem muitas variedades de mamoneira, para cada condição climática e nível tecnológico, deve-se procurar escolher uma cultivar apropriada, pois há grande variação nas características das variedades plantadas no Brasil.

A mamona produz em quase todos os tipos de solo, mas prefere solos de média e alta fertilidade natural, com pH entre 6,0 e 7,0, planos, com no máximo 12% de declividade, que não encharquem e não tenham salinidade elevada. A mamoneira é uma planta de clima tropical e subtropical, necessitando de

temperatura média entre 20 e 30°C para que haja produções que assegurem valor comercial, estando a temperatura ótima para a planta em torno de 23 °C (Beltrão, 2003). Temperaturas muito elevadas, superiores a 40°C, provocam aborto das flores, reversão sexual das flores femininas em masculinas e redução do teor de óleo nas sementes, enquanto temperaturas menores que 20°C podem favorecer a ocorrência de doenças e até paralisar o crescimento da planta (Beltrão & Silva, 1999). Segundo Beltrão (2003) os valores ideais de umidade relativa do ar e altitude são de 60% e 650 m.

Quanto à pluviosidade, a faixa ideal de precipitação pluvial varia entre 750 e 1.500 mm. A maior exigência de água no solo ocorre no início da fase vegetativa, produzindo com grande viabilidade econômica. Com um mínimo de 600 a 750 mm durante todo o ciclo da cultura, ajustando-se o plantio de forma que a planta receba de 400 a 500 mm até o início da floração (Távora, 1982). A planta pode produzir com quantidade de chuva inferior a 500 mm, devido a sua grande tolerância à seca, mas a produção pode ser muito baixa para obter viabilidade econômica. Chuvas superiores a 1.500 mm são consideradas excessivas para essa planta, podendo provocar diversos problemas como crescimento excessivo, doenças e encharcamento do solo. Devido a grande adaptabilidade edafoclimática da mamona no semi-árido brasileiro, esta constitui-se em grande potencial para a economia do nordeste.

2.2. Importância econômica e perspectivas da mamona para a Região Nordeste

A cultura da mamona é importante para a econômica brasileira e para a produção de biodiesel sendo, portanto, de relevante importância econômica e social para o semi-árido nordestino por ser resistente à seca, ser fixadora de mão-de-obra bem como geradora de emprego e de matéria prima com inúmeras aplicações industriais.

Segundo Azevedo & Lima (2001), a mamona se constitui num considerável potencial para a economia do País e seria uma alternativa viável para a Região Nordeste porque é um arbusto de grande resistência a períodos de estiagem.

A semente possui um óleo de grande versatilidade e de utilidade comparável apenas com a do petróleo, de custo baixo e produto renovável, cujo principal componente, o ácido graxo ricinoléico tem moléculas com propriedades bastante flexíveis e estrutura, de certa forma, incomum entre os ácidos graxos existentes nos óleos vegetais.

Da mamona se aproveita tudo, já que as folhas servem de alimento para o bicho da seda. A haste (caule) pode fornecer celulose para fabricação de papel além de ser matéria-prima para a fabricação de tecidos grosseiros (Santos et al., 2001). Da semente extrai-se um óleo tido como dos mais versáteis, o óleo de rícino, que é produto renovável e barato tendo mais de 400 aplicações industriais. As cascas da mamoneira podem e devem ser reutilizadas, promovendo a ciclagem de nutrientes no solo (Lima et al., 2006) e quando trituradas e misturadas com a mamona constituem um adubo orgânico de excelente qualidade (Carvalho, 2005).

Resultante do esmagamento da semente a torta de mamona tem uso agrícola por conter altos teores de nitrogênio. Existem alguns estudos que comprovam a rápida mineralização da torta e por consequência a disponibilização dos seus nutrientes. Severino et al. (2004) demonstraram que a velocidade de mineralização da torta de mamona, medida pela respiração microbiana, é cerca de seis vezes mais rápida que a de esterco bovino e quatorze vezes mais rápida que o bagaço de cana.

O produto principal para a industrialização da mamona é o óleo, que tem utilidades industriais na fabricação de tintas, vernizes, sabões, fibras sintéticas, plástico, corantes, anilina e lubrificantes (Santos et al. 2001). Atualmente há um novo mercado no campo energético, a produção de biocombustíveis, em especial a fabricação do diesel vegetal ou biodiesel como uma alternativa para promover a inclusão social, via geração de empregos na indústria e no campo, particularmente no segmento da agricultura familiar do Semi-árido nordestino.

O levantamento realizado pela CONAB (2011) destaca a região Nordeste, como a principal produtora nacional, responsável por 87,8% da safra 2010, tendo o Estado da Bahia como líder no ranking com 130,1 mil toneladas (equivalente a 71% da produção brasileira e 76,2% do Nordeste) e o Ceará, segundo maior produtor, com uma produção prevista em torno de 40 mil toneladas.

De acordo com a CONAB, no ano de 2010 a safra mundial de mamona em bagas, se comparada à safra anterior detectou aumento de 9%. Contudo, o Brasil

ocupa o terceiro lugar, com perspectivas de melhor posição desde que ocorram mais investimentos tecnológicos em insumos agrícolas, especialmente sementes e tratamentos culturais, visando ganho de produtividade.

2.3. Torta da mamona como adubo orgânico

O crescimento da produção de mamona no Brasil e a expectativa de plantio de grandes áreas com objetivo de produção de biocombustíveis atraiu a atenção sobre a torta de mamona, um importante subproduto dessa cadeia. A torta da mamona é o resultado do esmagamento da semente, para extração de óleo, obtendo no final do processo um resíduo. O adequado aproveitamento desse produto permite o aumento das receitas da cadeia produtiva e consequentemente a sua rentabilidade.

Atualmente, no Brasil, a torta de mamona está sendo utilizada como adubo orgânico, pois é uma excelente fonte de nitrogênio, potássio e fósforo. Segundo Severino (2005), para cada tonelada de semente de mamona processada são gerados 530 kg de torta de mamona. A torta corresponde a 55% do peso das sementes, valor que pode variar de acordo com o teor de óleo da semente e do processo industrial de extração do óleo (Azevedo & Lima, 2001).

Na Índia, principal país produtor de mamona do mundo, cerca de 85% da torta de mamona é utilizada como fertilizante orgânico (Konnur & Subbarao, 2004). A torta é fonte de nutrientes, condicionadora do solo e pode compor substratos e adubos para a mamoneira (Lima et al., 2006; Severino et al., 2006). Segundo Lima et al. (2008) a torta e a casca de mamona vêm sendo bastante utilizados na adubação orgânica de plantas como alternativa à adubação mineral, pois apresentam quantidades elevadas de alguns nutrientes, a exemplo do nitrogênio.

De acordo com Severino et al., (2004) a mineralização da torta de mamona é muito mais rápida que a do esterco bovino e bagaço de cana, isto devido a baixa relação carbono/nitrogênio (C/N), o que permite que a liberação de nutrientes para as plantas seja mais rápida que nestes materiais, mas também não seja tão rápida quanto à dos fertilizantes minerais. Esta rápida decomposição ocorre devido aos altos teores de nitrogênio e fósforo presentes na torta. Se os

nutrientes forem imediatamente disponibilizados no solo, como ocorre com os fertilizantes minerais, podem ser perdidos por volatilização (principalmente o nitrogênio), fixação (fósforo) ou lixiviação (principalmente o potássio). O fósforo tem sido o elemento que mais se destaca na nutrição mineral, não somente por se encontrar em menor teor nos solos brasileiros, como também por influenciar decisivamente na produção de frutos, em peso e número de frutos por racemo, pois o fósforo estimula a antecipação da emissão do racemo primário.

Guimarães et al (2006) notaram maior altura da mamoneira adubada com torta de mamona em comparação com o esterco bovino e biossólido, em experimento conduzido em vasos em casa de vegetação.

Costa et al (2009) verificaram resposta positiva a torta de mamona para as variáveis de crescimento de mamoneira, o que mostra eficácia no crescimento das plantas. Conforme Severino et al. (2006) o material orgânico pode favorecer o crescimento da mamoneira pela melhoria das características físicas do solo, como aeração e retenção de água devido a melhoria na porosidade do solo.

Medeiros (2010) ao utilizar a torta de mamona na adubação do algodoeiro BRS verde verificou que esta aumentou as concentrações foliares de N, P, Mg e S, constatando incremento positivo na produtividade do algodoeiro e mostrando a eficiência da torta como adubo, uma vez que disponibiliza nutrientes para a cultura.

Oliveira Filho et. al (2010), avaliando o crescimento de cultivares de mamona submetidas a doses de torta de mamona, constatou que houve efeito positivo no diâmetro do caule e altura de plantas quando comparado com a adubação mineral. A torta de mamona não só promove aumento da fertilidade do solo, devido a maior adição de nitrogênio e potássio, como também tem efeito benéfico sobre as propriedades físicas do mesmo, principalmente no que diz respeito ao aumento da retenção de água (Hoffmann et al., 2001).

Em trabalho realizado por Góes (2010), em que se avaliou a adubação do girassol com torta de mamona PDS, houve efeito positivo na produtividade e no diâmetro do caule.

Para a região semi-árida, a importância da torta de mamona é evidente, pois como estimula o desenvolvimento do sistema radicular, fazendo com que a planta possa suportar períodos prolongados de seca. Desta forma, a torta

representa uma alternativa viável para a economia da região, contribuindo para a melhoria do ambiente e a sustentabilidade da atividade agrícola.

2.4. Adubação orgânica e respostas na cultura da mamona

A adubação orgânica é uma prática agrícola muito utilizada para a melhoria das propriedades químicas e físicas do solo, atuando no fornecimento de nutrientes às culturas, na retenção de cátions (Severino et al., 2006), e na complexação de elementos tóxicos a exemplo do alumínio trocável (Lima et al., 2007) e de micronutrientes, estruturação do solo, infiltração e retenção de água, aeração e redução da compactação do solo (Costa et al., 2006).

A incorporação de materiais orgânicos ao solo afeta a dinâmica dos microorganismos, o que favorece a disponibilidade de nutrientes às plantas (Severino et al., 2004).

Em relação à adubação, a mamona mostra-se responsiva, uma vez que é exigente em fertilidade do solo, requerendo quantidades significativas de nutrientes para a produção de grãos e para a síntese do óleo e das proteínas presentes nestes. O suprimento de nutrientes para a cultura provém, basicamente, das reservas do solo. Entretanto, quando o cultivo é estabelecido em solos com restrição de fertilidade ou se pretende explorar integralmente o potencial de produtividade das cultivares comerciais, faz-se necessária a complementação com nutrientes, por meio da aplicação de fertilizantes de origem orgânica e/ou mineral (Scivittaro & Pillon, 2006).

O incremento de materiais orgânicos no solo poderá promover um maior crescimento e desenvolvimento da cultura da mamoneira, como foi observado por Oliveira et al. (2009). Apesar destes benefícios elencados acima, vale salientar que o sucesso do uso dos materiais orgânicos em uma cultura dependerá, entre outros fatores, da qualidade e da quantidade do material que está sendo usado, visto que, a composição química dos esterco animais, por exemplo, pode variar com o tipo de animal e com o seu alimento.

Severino et al. (2006) mostraram que a mamoneira responde fortemente ao uso de adubos orgânicos, especialmente quando combinados com adubação

mineral e sob condição de estresse hídrico. Nestas condições, aumentos superiores a 100% foram obtidos em produtividade.

De acordo com Lima et al. (2006) a torta de mamona utilizada como adubo na planta de mamona da linhagem CSRN 393 propiciou aumento em todas as características de crescimento de forma proporcional à dose fornecida. Guimarães et al. (2006) concluíram que o crescimento e o desenvolvimento inicial da mamoneira respondeu mais efetivamente a torta de mamona que a adubação mineral.

Resultados encontrados por Costa et al. (2009), avaliando o efeito do lixo orgânico e da torta da mamona nas características de crescimento da mamona, evidenciaram resposta positiva da mamoneira a adubação orgânica.

Oliveira Filho et al. (2010) estudando o crescimento de cultivares de mamoneira submetidas a doses de torta de mamona (5, 10, 15, 20 e 30 t ha⁻¹) observaram que as plantas que receberam as maiores doses da torta (30 t ha⁻¹) apresentaram maior desenvolvimento quando comparadas com as que receberam adubação mineral.

Uma vez que a disponibilidade de nutrientes no solo torna-se insuficiente para atender a demanda da mamoneira, a aplicação de fertilizantes minerais ou orgânicos ao solo é fundamental para a produtividade da cultura. Assim, a mamoneira responde a adubação, levando-se em consideração a marcha de absorção de nutrientes pela cultura, em condições de baixa fertilidade do solo.

2.5. Adubação nitrogenada e respostas na cultura da mamona

A mamona é uma planta que demanda grande quantidade de nitrogênio para obter crescimento e produção compatíveis com o esperado pelo seu cultivo racional. O descuido na adubação ou no manejo da fertilidade do solo pode levar o produtor a comprometer a rentabilidade da exploração comercial e diminuir a qualidade da produção almejada (Santos et al.; 2004). Estes autores observaram que a mamona, quando conduzida sob deficiência de nitrogênio, apresentou forte redução no crescimento e na altura das plantas. A frutificação, quando ocorreu, foi fraca, com poucos cachos e frutos com peso abaixo do esperado.

De acordo com Silva et al. (2007) a carência de nitrogênio prejudica o crescimento inicial da planta, já que esse elemento faz parte dos aminoácidos e proteínas e sua falta retarda o crescimento inicial da planta por impossibilitar a incorporação de carbono.

O manejo da adubação nitrogenada deve fornecer, ao mesmo tempo, uma adequada disponibilidade de nitrogênio no solo e imediata absorção pela cultura, evitando, deste modo, perdas de NO_3^- por lixiviação.

Silva (2010) estudando a adubação nitrogenada e fosfatada na cultura da mamona no Município de Mossoró-RN verificou que houve efeito positivo da adubação nitrogenada para as variáveis altura de inserção do racemo primário, comprimento do racemo primário, comprimento do racemo secundário e número de frutos por racemo primário; foi constatado também que os teores de N e de P no solo aumentaram com o aumento das doses de N e de P_2O_5 aplicadas. Segundo este autor foi observado efeito da interação entre doses de N e de P_2O_5 na produção total de grãos, produção de grãos dos racemos primários e produção de grãos dos racemos restantes.

O nitrogênio é o nutriente mais limitante para muitas culturas no mundo, e o seu uso eficiente é de extrema importância econômica para os sistemas de produção. Por outro lado, o excesso de N pode promover crescimento vegetativo exagerado e diminuir a produtividade, além de aumentar a suscetibilidade das plantas ao ataque de pragas e doenças (Santos et al., 2004).

O nitrogênio (N) é essencial para o crescimento das plantas sendo exigido em grandes quantidades em comparação aos demais macronutrientes (K, Ca, S, P e Mg). Nas situações em que ocorre deficiência de nitrogênio, as plantas apresentam sintomas típicos como clorose generalizada das folhas mais velhas e redução no crescimento. Apesar da sua grande importância na nutrição dos vegetais o nitrogênio não é encontrado na forma disponível e em quantidades suficientes para o adequado suprimento da maioria das plantas cultivadas no solo (Guimarães, 2008).

Soffatti et al. (2008) trabalhando com adubação nitrogenada da cultivar BRS Energia, observaram que a produção de sementes da mamoneira foi influenciada pela adubação nitrogenada, na qual proporcionou a máxima produtividade de 1.890 kg ha^{-1} quando aplicou-se a dose de 71 kg ha^{-1} .

Severino et al. (2006), ao avaliar a adubação com macro e micronutrientes na cultura da mamona, concluíram que a adubação promoveu aumento de produtividade da cultivar BRS Nordestina, com destaque para as doses de nitrogênio quanto ao número de frutos por planta. Este mesmo autor verificou, em seus trabalhos de adubação da mamoneira, 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 mineral.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da área

O experimento foi realizado no Sítio Retiro à 5 km do município de Baraúna-RN, situado no Pólo Açú/Mossoró, durante o segundo semestre do ano de 2009, em um Cambissolo Háptico de textura franco-argilo-arenosa, derivado de calcário, mas pobre em matéria orgânica, e relevo plano.

O local do experimento tem como referência as coordenadas geográficas 5° 04' 48" de latitude sul, 37° 37' 00" de longitude oeste de Greenwich e altitude de 94 m (IBGE, 2008). A vegetação da região é constituída de Caatinga Hiperxerófila. O clima é semi-árido, com pouco ou nenhum excesso de água, seco e muito quente, apresentando pluviosidade baixa e irregular, em torno de 600 mm por ano, concentrados em uma única estação, de fevereiro a maio, com ocorrência de períodos agudos de estiagem. A temperatura média anual é de 27,4°C, com taxas elevadas de evapotranspiração e balanço hídrico negativo durante parte do ano; insolação muito forte (2700 horas ano⁻¹), aliada a uma umidade relativa média anual em torno de 70% (IDEMA, 2010).

3.2. Instalação do experimento

Em 10 de setembro de 2009 foi coletada uma amostra composta de solo da área experimental na profundidade de 0 a 20 cm para caracterização química, de acordo com Embrapa (1997). As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta (LASAP) da UFERSA (Quadro 1).

Quadro 1. Características químicas e granulométricas da amostra de solo coletada na profundidade de 0-20 cm no local do experimento

pH	M.O	N _{total}	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	Areia	Silte	Argila
	---g kg ⁻¹ ---		---mg dm ⁻³ ---			-----	cmol _c dm ⁻³ -----		-----	-----	g kg ⁻¹ -----	
7,3	12	1,6	4	243	16,2	6,4	1,6	0,0	0,0	177	331	492

A partir dos resultados das análises químicas, foi definida a recomendação de adubação para a cultura da mamona de acordo com Ribeiro et al. (1999).

As operações de preparo do solo consistiram em duas subsolagens a 40 cm de profundidade e posterior destorroamento e nivelamento com duas gradagens leves. As linhas de plantio foram marcadas com sulcador, e as parcelas foram demarcadas.

O experimento foi irrigado por gotejamento, com emissores espaçados a uma distância de 40 cm na linha de gotejo, com vazão de $1,7 \text{ L h}^{-1}$, a uma pressão de 120 kPa e vazão $46 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, isto para que o suprimento hídrico não se tornasse um fator limitante para a produção da cultura. Para o manejo de irrigação, foram utilizadas as informações climáticas diárias provenientes de uma estação meteorológica localizada em uma propriedade agrícola próxima da área experimental.

No dia 30 de setembro de 2009 foi realizada a semeadura, sendo colocadas duas sementes por cova na linha de adubação, a 4 cm de profundidade. Foram plantadas sementes da cultivar BRS Energia lançada em 2007 pela Embrapa Algodão, que tem porte baixo (em torno de 1,40 m) e ciclo entre 120 e 150 dias.

Os tratamentos foram constituídos por cinco doses de torta de mamona, 0, 5, 10, 20 e 30 t ha^{-1} e cinco doses de torta de mamona nas proporções de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada por Ribeiro et al. (1999). Nos tratamentos 6 a 10, a exceção do N, os demais nutrientes (P, K, S, B, Zn e Cu) foram fornecidos via adubação mineral (Quadro 2).

O ensaio foi disposto no delineamento experimental de blocos casualizados, com 10 tratamentos e quatro repetições. A unidade experimental constou de quatro linhas de sete metros de comprimento, espaçadas a 0,90 m, com 0,50 m entre plantas, com área total de $25,2 \text{ m}^2$. A área útil foi composta pelas duas linhas centrais, descartando-se duas plantas em cada extremidade.

A adubação de fundação foi feita manualmente dentro dos sulcos previamente abertos e posteriormente fechados manualmente, conforme os tratamentos.

A aplicação da torta de mamona e dos fertilizantes foi feita manualmente. As doses de torta foram pré-estabelecidas de acordo com experimento desenvolvido em 2008, na estação experimental da UFERSA, Fazenda Rafael Fernandes,

Mossoró/RN, no qual avaliou-se crescimento de cultivares de mamoneira sob doses de torta de mamona (Oliveira Filho et al. 2010), testando-se a dose mínima (5 t ha⁻¹) e a dose máxima (30 t ha⁻¹).

Quadro 2. Tratamentos constituídos por quantidades e proporções de torta de mamona e fertilizante mineral para a cultura da mamona.

Tratamento	Dose de torta de mamona			Dose do nutriente via adubo mineral								
				N		P ₂ O ₅	K ₂ O	S	B	Zn	Cu	
	t ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹						
1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	0	0,0	100	70,0	80	30	20	1,5	1,0	0,5	
7	-	25	437,5	75	52,5	80	30	20	1,5	1,0	0,5	
8	-	50	875,0	50	35,0	80	30	20	1,5	1,0	0,5	
9	-	75	1.312,5	25	17,5	80	30	20	1,5	1,0	0,5	
10	-	100	1.750,0	0	0	80	30	20	1,5	1,0	0,5	

Os fertilizantes adicionados aos tratamentos 6 a 10 foram uréia, superfosfato triplo, cloreto de potássio, ácido bórico, sulfato de zinco e sulfato de cobre. As doses de S, P, K e micronutrientes foram definidas de acordo com as recomendações de Ribeiro et al. (1999) e foram aplicadas igualmente para todos os tratamentos que receberam adubação mineral (Quadro 2).

A dose de N mineral foi parcelada em três aplicações: 15 dias antes do plantio, aos 30 dias após o plantio e aos 30 dias após a segunda aplicação (20% + 40% + 40%). A dose de K₂O também foi parcelada em duas aplicações: aos 15 dias antes do plantio e 30 dias após o plantio (50% + 50%). As doses dos demais nutrientes, bem como as doses de torta de mamona, foram aplicadas em fundação. A torta de mamona utilizada neste experimento foi proveniente da usina experimental de biodiesel da Petrobrás localizada no município de Guamaré (RN), cuja composição é mostrada no Quadro 3.

Quadro 3. Teores totais de carbono orgânico e macronutrientes encontrados na torta de mamona utilizada no experimento.

Identificação	C	N	P	K	Ca	Mg
	----- g kg ⁻¹ -----					
Torta PDS	300,7	31,2	5,4	2,8	17	0,9

Fonte: Freitas, 2009

3.3. Condução do experimento

Os tratos culturais durante a condução do experimento foram realizados de acordo com Beltrão et al. (2006). O desbaste foi realizado aos 27 dias após a emergência, deixando-se apenas uma planta por cova.

O controle de plantas daninhas foi realizado por capinas manuais, as quais foram realizadas aos 10, 26 e 48 dias após a semeadura.

Foram realizadas 05 pulverizações (13, 16, 20, 24 e 35 dias após a semeadura) para o controle da mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) e da mosca branca (*Bemisia tabaci*), usando coquetéis compostos por ácido cítrico, Vermitec, Actara, Veget'oil, Assist, Amistar e Tracer. A mosca minadora foi a praga que atacou a cultura com maior intensidade.

No início do florescimento da mamoneira (13 de novembro de 2009), foi coletado o limbo foliar da quarta folha a partir da ponta (Malavolta et al., 1997) de cinco plantas de cada parcela útil para realização de análise foliar. Essas folhas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, moídas em moinho tipo Wiley e analisadas quanto aos teores de macro e micronutrientes, segundo métodos descritos por Tedesco et al. (1995). As análises foliares foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da Universidade Rural Federal do Rio de Janeiro - UFRRJ.

Aos 97 dias após a semeadura foram descartada duas plantas de cada extremidade da parcela, avaliando-se em 10 dez plantas localizadas na área útil as seguintes variáveis: altura de planta, altura da inserção do racemo principal ou cacho primário, considerada a distância entre a superfície do solo até a altura de inserção do primeiro cacho, e diâmetro do caule, aos 5 cm de distância do solo. Três dias depois, foram iniciadas a coleta do racemo primário. Dois dias após a colheita do racemo primário foi coletado o racemo secundário. Estes cachos

foram colocados para secar à sombra e posteriormente foram contados o número de cachos por planta; em seguida tomou-se 200 frutos que foram descascados manualmente e os grãos contados. Tanto os grãos quanto as cascas de 200 frutos foram pesados e neles avaliados o grau de umidade, obtendo-se por diferença, a percentagem de matéria seca dos grãos e das cascas de cada racemo por parcela. A partir da percentagem de grãos e do peso dos frutos dos racemos, com umidade determinada, calculou-se a produtividade de grãos (kg ha^{-1}).

Considerando a importância da matéria orgânica nos atributos químicos do solo avaliou-se a eficiência agrônômica da torta de mamona. Para isto foram realizadas análises químicas a fim de avaliar as alterações nas características químicas do solo antes (tratamento testemunha - sem torta de mamona) e após ser submetido ao cultivo da mamona, nos tratamentos que receberam 10 t ha^{-1} de torta de mamona e 100% de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada.

Para a realização destas análises, em cada unidade experimental foi retirada uma amostra composta formada por oito amostras simples. Cada amostra simples foi formada por sete sub-amostras que foram retiradas com o auxílio de um trado holandês, realizadas no sentido transversal às linhas de plantio, sendo uma das sub-amostras retirada exatamente na linha de plantio e três de cada lado desta até 45 cm de distância. As análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da UFRSA.

No período de condução do experimento no campo os valores médios das temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) média, máxima e mínima foram $27,2^{\circ}\text{C}$, $37,4^{\circ}\text{C}$ e $18,4^{\circ}\text{C}$, respectivamente. A umidade relativa média foi 67,2% e a evapotranspiração potencial de $5,7 \text{ mm dia}^{-1}$.

3.4. Análises estatísticas

Os dados coletados foram tabulados e submetidos à análise de variância e regressão. Foram testados os modelos linear, quadrático e raiz quadrada, conforme a significância de cada modelo e com base no coeficiente de determinação foi selecionado o modelo que apresentou o melhor ajuste. Para a realização destas análises foi utilizado o programa SAEG (Ribeiro Júnior, 2001).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Torta de mamona como fonte única de nutrientes

4.1.1. Características de crescimento e componentes de produção

Os resultados obtidos para diâmetro do caule (DCAU), altura da planta (APLA), altura do racemo primário (ARAC), número de racemos por planta (NRAC) e produtividade (PROD) são mostrados no Quadro 4. Houve diferenças significativas para as características diâmetro de caule, altura de planta, número de racemos e produtividade, não havendo efeito significativo para altura do racemo primário (Quadro 1A).

Quadro 4- Diâmetro do caule (DCAU), altura da planta (APLA), altura do racemo primário (ARAC), número de racemos por planta (NRAC) e produtividade (PROD) da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes doses de torta de mamona. Média de quatro repetições.

Torta de mamona	DCAU	APLA	ARAC	NRAC	PROD
t ha ⁻¹	cm	m	cm		kg ha ⁻¹
0	1,61	1,31	73,45	2,90	1022
5	2,17	1,87	76,53	6,38	2349
10	2,46	2,10	67,23	6,55	3132
20	2,52	2,16	84,68	7,20	3087
30	2,77	2,21	73,83	7,60	3450

Houve efeito positivo no diâmetro do caule em resposta ao aumento das doses de torta de mamona (TM); este aumento foi descrito por um modelo de regressão raiz quadrada (\sqrt{x}). Apesar de ter ocorrido aumento do diâmetro do caule em resposta as doses de TM, verifica-se maior resposta em relação à testemunha na dose de 5 t ha⁻¹, com aumento proporcional em cerca de 36,25%, enquanto nas demais doses o incremento no diâmetro do caule foi menos acentuado, sendo observado aumento médio nas demais doses de 7,69% em relação ao tratamento testemunha (Figura 1A).

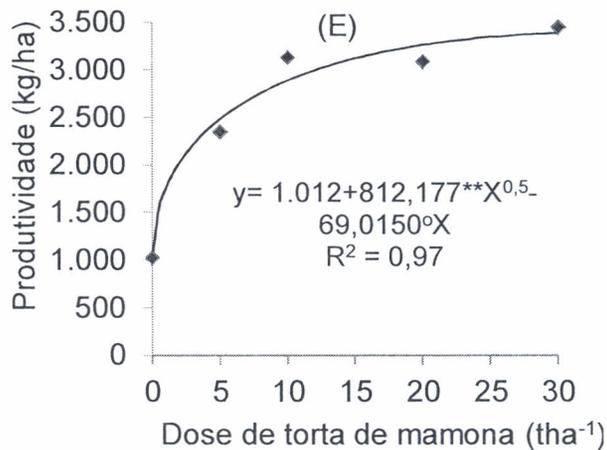
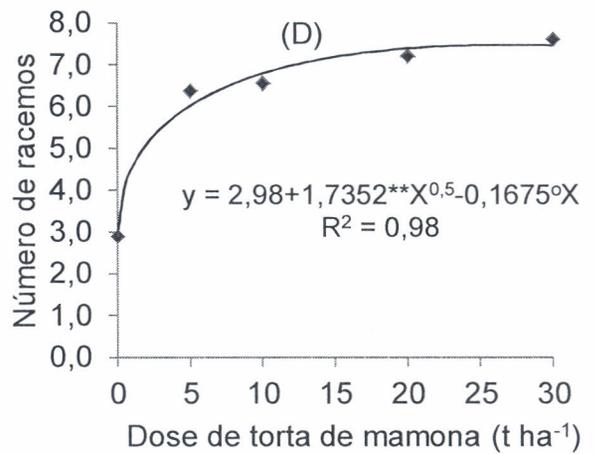
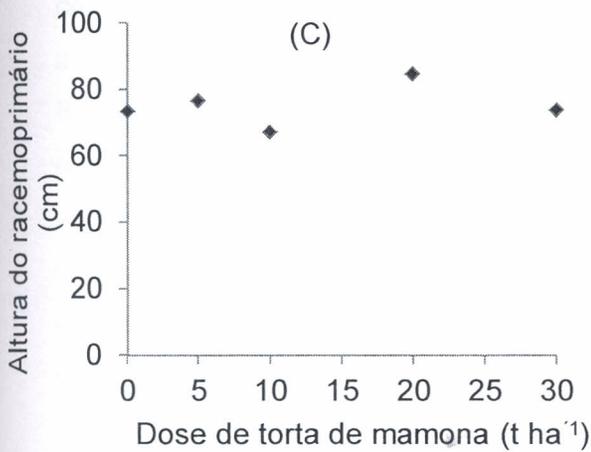
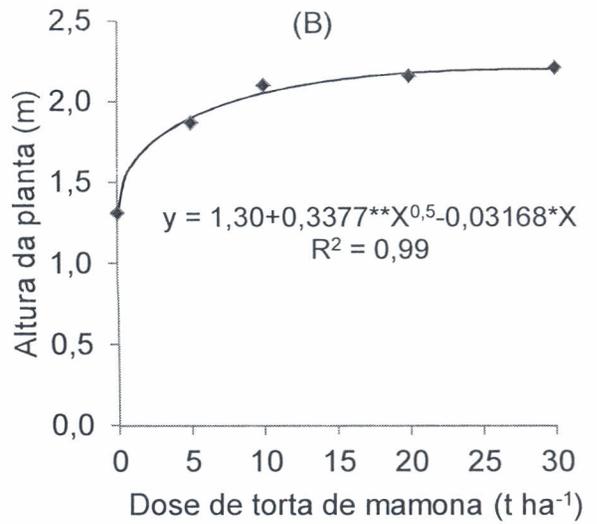
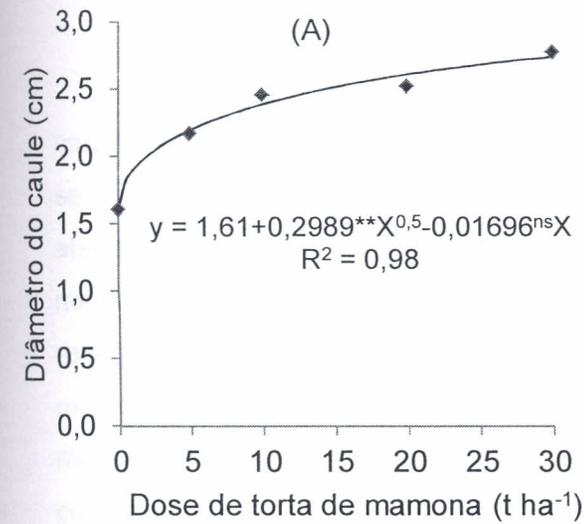


Figura 1. Diâmetro do caule, altura da planta, altura do racemo primário, número de racemos por planta e produtividade de plantas de mamona submetidas a adubação com diferentes doses de torta de mamona.

De acordo com Guimarães (2008), o diâmetro do caule é uma característica importante, pois quanto maior o seu valor mais a planta apresenta-se vigorosa e robusta, conferindo-lhe, portanto, maior resistência a tombamento e ataques de pragas. Este autor constatou que o diâmetro do caule do pinhão manso adubado com a torta de mamona apresentou um aumento de 40,62% em relação à testemunha, que não recebeu nenhum tipo de adubo. A torta de mamona também foi eficiente quanto a melhoria desta característica na cultura da mamona. Oliveira Filho et al. (2010) verificaram que o diâmetro caulinar de duas cultivares de mamona, Energia e Guarany, aumentou em função das doses de torta de mamona aplicadas, até determinada dosagem, decrescendo a partir desta dose, resultando assim, em comparação com as plantas que não foram adubadas, em acréscimo de cerca de 27,5 e 25,4%, para as cultivares Guarany e Energia, respectivamente. Resultados semelhantes também foram encontrados por Goés (2010).

A altura das plantas aumentou de acordo com o aumento das doses de TM. O maior incremento ocorreu com a dose de 5 t ha^{-1} , obtendo-se altura de 1,90 m, resultando em aumento de 45,89% em relação ao tratamento testemunha, na qual se observou altura média de 1,30 m (Quadro 4 e Figura 1 B). A partir desta dose, a resposta continuou significativa e positiva, porém, com menor intensidade, sendo obtida para as três doses ($10, 20$ e 30 t ha^{-1}), uma média de 2,14 m, correspondendo ao aumento de 5,10% em relação a testemunha. Este resultado pode ser corroborado por Oliveira Filho et al. (2010) que constataram, em seu experimento, que a altura das plantas aumentou em cerca de 1,22 cm para cada aumento unitário nas doses da torta, resultando na maior dose em plantas com altura média de 133,8 cm, o que equivale a um incremento total de 37,3% em comparação com as plantas que não foram adubadas. Este efeito positivo do uso da torta de mamona sobre a altura da planta também foi encontrado por outros autores (Costa et al., 2009; Guimarães, 2008; Souto, 2007; Lima et al., 2006; Severino et al., 2006).

A altura do racemo primário não foi influenciada pelas doses de TM, obtendo-se altura média de 75,14 cm (Figura 1C). De maneira semelhante ao observado neste trabalho, Severino et al. (2006) avaliando o crescimento e produtividade da mamona adubada com macro e micronutrientes também não verificaram efeito de doses de N na altura de inserção do racemo primário.

O número de racemos por planta aumentou significativamente com o aumento das doses de TM (Quadro 4). Este aumento apresentou comportamento curvilíneo, descrito por um modelo raiz quadrada (Figura 1D). O maior incremento ocorreu com a dose de $26,82 \text{ t ha}^{-1}$, obtendo-se 7,5 racemos por planta, resultando em aumento de 150,80 % em relação ao tratamento testemunha, na qual se obteve 3 racemos por planta.

A produtividade aumentou de acordo com o aumento das doses de TM, este aumento foi descrito por um modelo de regressão raiz quadrada (Figura 1E). A produtividade obtida com a dose de 30 t ha^{-1} , estimada por este modelo, corresponde a 3390 kg ha^{-1} . Isto equivale a um aumento de 234,98% em relação ao tratamento testemunha (1012 kg ha^{-1}). Porém, o maior incremento ocorreu nas doses de 5 a 10 t ha^{-1} , com $2483,01$ e $2890,18 \text{ kg ha}^{-1}$, o que corresponde a um aumento percentual de 145,36 e 185,59%, respectivamente, uma vez que entre as doses de 10 e de 30 t ha^{-1} , houve aumento de apenas 17% na produtividade. Avaliando-se a eficiência da adubação com TM, e fazendo-se a relação entre a produtividade obtida e a dose aplicada verificaram-se nas doses de 5, 10 uma relação de $496,60$ e $289,12 \text{ kg ha}^{-1} \text{ t}^{-1}$, respectivamente, enquanto que na dose de 30 t ha^{-1} , esta relação foi apenas de 113 kg ha^{-1} de mamona para cada tonelada da TM. Esses resultados demonstram que a eficiência da adubação com TM está sendo reduzida com aplicação de altas doses, evidenciando que as doses mais eficientes foram de 5 e 10 t ha^{-1} de TM. Resultado semelhante foi encontrado por Góes (2010) quando avaliou a adubação da cultura do girassol com cinco doses de torta de mamona (0, 5, 10, 20 e 30 t ha^{-1}). Este autor obteve uma produtividade média de 2261 kg ha^{-1} . Contudo, a aplicação de 10 t ha^{-1} de torta de mamona proporcionou uma produtividade de 2704 kg ha^{-1} que representou um incremento de 16% em relação a média e 37% em relação a testemunha. Souto (2007) também constatou incremento da produtividade de frutos de cachos primários com a aplicação de 24 Mg ha^{-1} de lodo de esgoto na cultura da mamona quando comparado com os tratamentos que não receberam lodo.

4.1.2. Concentração de macronutrientes na folha diagnóstica

Os resultados obtidos para os teores de foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio são mostrados no Quadro 5. Houve efeito significativo para todos os teores de macronutrientes encontrados na folha diagnóstica (Quadro 2A).

Quadro 5. Concentração de macronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes doses de torta de mamona. Média de quatro repetições.

Torta de mamona t ha ⁻¹	Concentração do nutriente na folha diagnóstica				
	N	P	K	Ca	Mg
0	36,4	2,75	19,7	27,3	3,07
5	40,4	3,42	20,9	22,2	2,76
10	55,3	4,32	26,6	33,6	3,86
20	56,7	4,05	26,7	31,4	3,83
30	53,7	4,11	24,2	28,8	3,60

Os dados referentes aos teores de nitrogênio na folha diagnóstica da mamona são mostrados no Quadro 5. Observa-se que houve um crescimento significativo dos teores de nitrogênio em resposta ao aumento das doses de TM (Quadro 2A). Este aumento foi descrito por um modelo de regressão polinomial quadrático (Figura 2A). Assim, foi possível estimar a dose de 20,93 t ha⁻¹ que proporcionou a maior concentração de N na folha diagnóstica, correspondente a 57,79 g kg⁻¹.

O acúmulo de nutrientes em folhas e frutos são informações imprescindíveis para conhecer as exigências nutricionais de uma planta. Posteriormente, essas informações podem servir como subsídio para estimar a quantidade de nutrientes a ser fornecida às plantas por meio da adubação. Verificou-se que os teores médios de nitrogênio encontrados nas folhas variaram de 36,4 g kg⁻¹ no tratamento testemunha a 56,7 g kg⁻¹ na dose de 20 t ha⁻¹. Estes valores estão de acordo com aqueles considerados adequados para a

mamoneira, que variam de 40 a 50 g kg⁻¹ (Malavolta et al., 1997), evidenciando, desta forma, que a torta de mamona pode ser utilizada como fonte de nitrogênio.

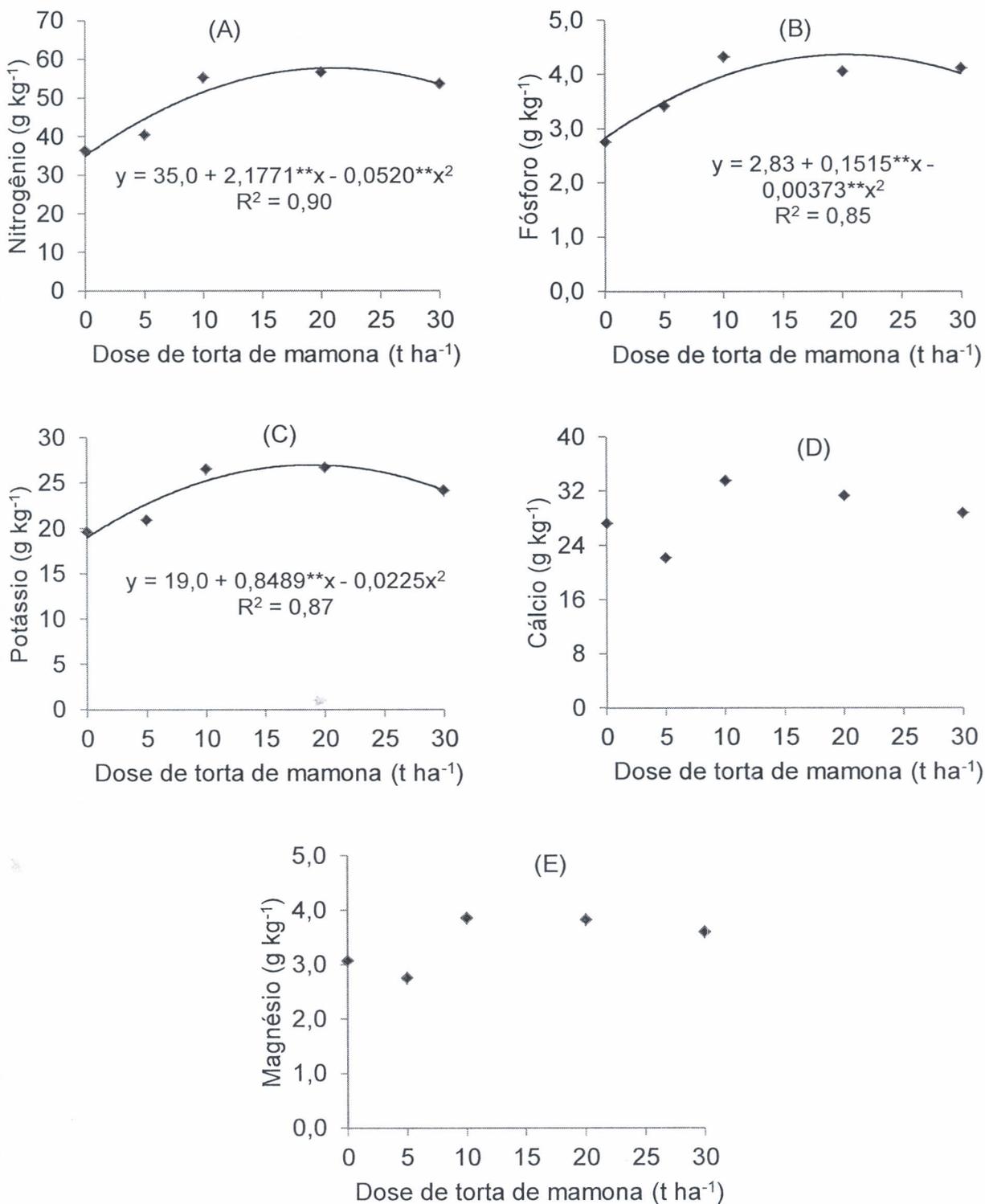


Figura 2. Concentração de macronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamoneira submetida à adubação com diferentes doses de torta de mamona

O nitrogênio é um elemento de suma importância, sendo participante da formação das proteínas e dos ácidos nucleicos. Souto (2007) avaliando cinco doses de nitrogênio (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹) fornecidos pelo lodo de esgoto (0, 3, 6, 12 e 24 Mg ha⁻¹) na cultura da mamona encontrou o teor foliar adequado (40-50 g kg⁻¹) na dose de 6 kg ha⁻¹ de lodo de esgoto. Primo et al. (2010) avaliando diferentes fontes de adubos orgânicos no cultivo da mamoneira constatou que a dose de 15 t ha⁻¹ de esterco bovino proporcionou média superior no teor de nitrogênio encontrado na parte aérea das plantas quando comparado com o tratamento testemunha (sem adubação orgânica).

Os dados referentes aos teores de P na folha diagnóstica da mamona são mostrados no Quadro 5. Os teores de P aumentaram significativamente com o aumento das doses de TM (Quadro 2A). Observa-se resposta quadrática, sendo que a maior resposta foi alcançada com a dose de 20 t ha⁻¹ de TM, obtendo-se o teor de 4,37 mg kg⁻¹ de P, resultando em aumento de 54,3 % em relação ao tratamento testemunha (Figura 2B).

Semelhante ao comportamento ocorrido com o teor de N, o teor de P obtido está de acordo com os teores considerados adequados para a mamoneira, que variam de 3 a 4 g kg⁻¹ (Malavolta et al., 1997). Segundo Araújo & Machado (2006) esse nutriente participa de vários processos metabólicos nas plantas, como a transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos, glicose, respiração, síntese e estabilidade de membrana, ativação e desativação de enzimas, reações redox, metabolismo de carboidratos e fixação biológica de N.

Os dados referentes aos teores de potássio na folha diagnóstica da mamona são mostrados no Quadro 5. Os teores de potássio mostraram aumentos significativos em função do aumento das doses de TM (Quadro 2A).

Os teores de potássio nas folhas aumentaram com o aumento das doses de TM, este aumento foi descrito por um modelo de regressão polinomial quadrático (Figura 2C). Ainda assim, os valores encontrados na folha diagnóstica foram inferiores aos considerados adequados para a mamona, que estão entre 30 e 40 g kg⁻¹, de acordo com Malavolta et al. (1997). Contudo, não foram observados sintomas visuais de deficiência deste nutriente como, necrose molhada sobre a folha e total queima dos tecidos (Ferreira et al., 2004). Os resultados encontrados neste trabalho são corroborados por Souto (2007) que

avaliaram a resposta da cultura da mamoneira à fertilização com lodo, verificando que os teores foliares de potássio não alcançaram a faixa adequada, porém, apresentaram aumento linear de 18,28 para 19,67 g kg⁻¹ em resposta aos extremos de doses de zero e 24 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto.

Os dados referentes aos teores de Ca e Mg na folha diagnóstica da mamona são mostrados no Quadro 5. Não houve efeito das doses de TM sobre os teores foliares de Ca e Mg (Quadro 2A). Para estes nutrientes nenhum modelo selecionado descreveu o comportamento dos dados (Figura 2D e 2E, respectivamente). Todavia, os teores de Ca e Mg encontrados foram mantidos na faixa considerada adequada para a mamona, que varia de 15 a 25 e 2,5 a 3,5 g kg⁻¹, respectivamente (Malavolta et al., 1997). Souto (2007) obteve resultado semelhante, avaliando o efeito da fertilização com lodo de esgoto na cultura da mamona, demonstrando que os teores de Ca e Mg não foram influenciados pelas doses de lodo de esgoto.

4.1.3. Concentração de micronutrientes na folha diagnóstica

Os resultados obtidos para os teores de foliares de ferro, cobre, manganês, zinco e níquel são mostrados no Quadro 6. As doses de torta de mamona não exerceram influência sobre os teores foliares de micronutrientes, exceto para os teores de manganês e zinco (Quadro 3A).

Quadro 6. Concentração de micronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes doses de torta de mamona. Média de quatro repetições.

Torta de Mamona	Concentração do nutriente na folha diagnóstica				
	Fe	Cu	Mn	Zn	Ni
t ha ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----				
0	175	9	164	66	0,38
5	176	8	160	45	0,19
10	160	9	263	41	0,44
20	159	9	398	42	0,39
30	165	9	422	41	0,29

Para o teores de Fe, Cu e Ni na planta não se observou efeito significativo das doses de TM (Quadro 3A), obtendo-se teores médios de 167,07, 8,65 e 0,34 mg kg⁻¹, respectivamente (Figura 3A, 3B e 3E, respectivamente).

Como mostra a Figura 3B, para o teor de cobre na planta, nenhum modelo selecionado explicou o comportamento dos dados. O teor médio de Cu encontrado neste trabalho foi próximo daquele encontrado por Souto (2007) que obteve um teor de 12,05 mg kg⁻¹ em folhas de mamona submetidas a doses de lodo de esgoto. Camargo e Zarbini (2006), avaliando o estado nutricional da mamoneira em resposta a adubação foliar, também obtiveram valores de 8,8 mg kg⁻¹ de Cu, semelhantes ao encontrado no presente trabalho.

Houve aumento linear do teor de manganês em resposta ao aumento das doses de TM (Figura 3C). Este resultado pode ser corroborado por Souto (2007) que também verificou resposta linear crescente no teor de Mn nas folhas de mamona em função do aumento das doses de lodo de esgoto.

Os teores foliares de Zn sofreram redução com aumento das doses de TM (Figura 3D). Não se observou sintomas de deficiência nas plantas dos diferentes tratamentos. Comparando com os resultados obtidos por Souto (2007) verificou-se que o valor encontrado por este autor (35,98 mg kg⁻¹) foi inferior ao valor médio (47,05 mg kg⁻¹) encontrado no presente trabalho.

Embora exista uma tendência de resposta às doses de TM para a concentração de níquel nas folhas, nenhum modelo matemático explicou o comportamento dos dados (Figura 3E). Existem poucas informações sobre os fatores que influenciam a disponibilidade de Ni do solo para as plantas. Sabe-se que este nutriente faz parte da enzima urease, que é responsável pela degradação da uréia na planta, evitando o aumento da concentração desta na mesma. Segundo Abreu et al. (2007) as concentrações de Ni na planta variam de 0,3 a 3,5 mg kg⁻¹

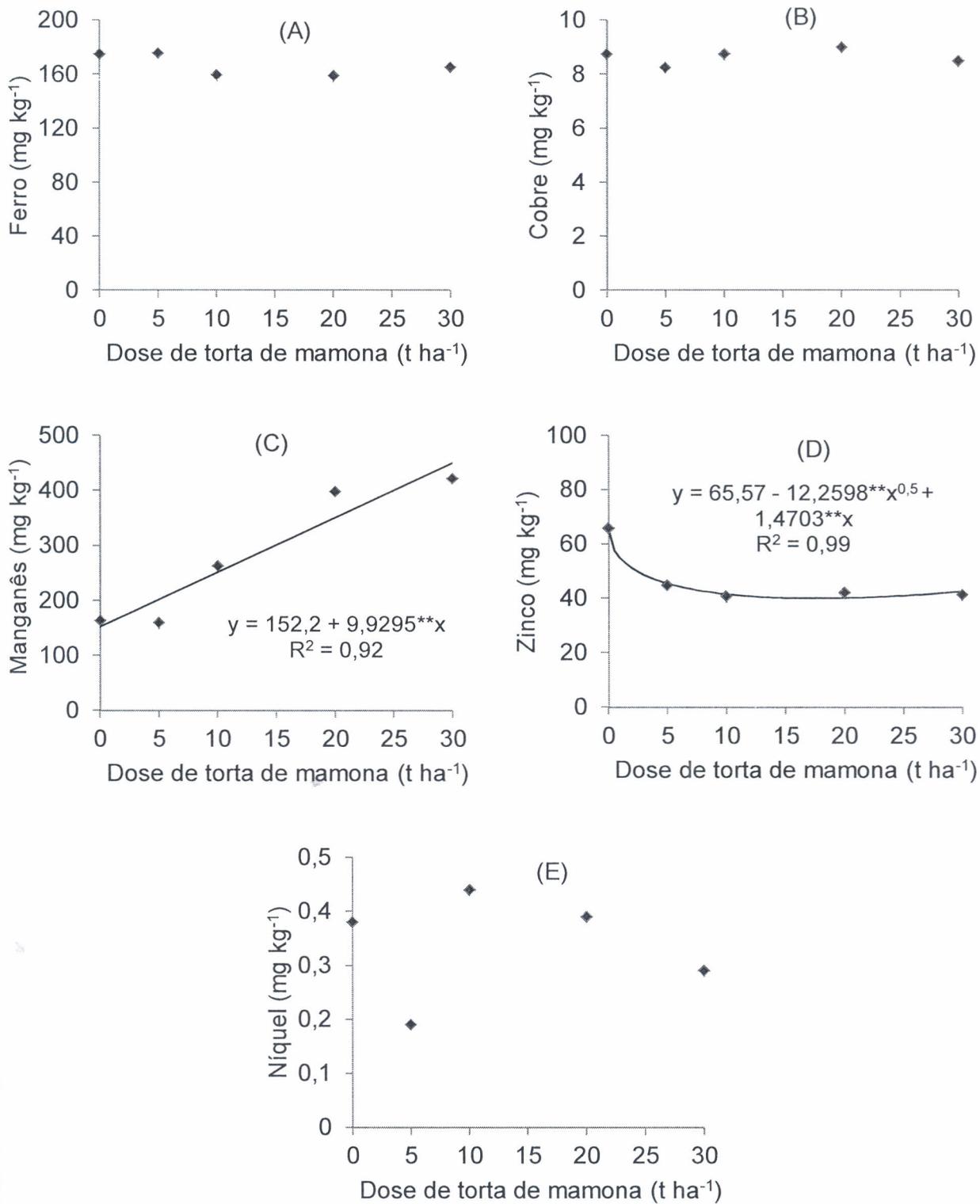


Figura 3. Concentração de micronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes doses de torta de mamona.

4.2. Proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada

4.2.1. Características de crescimento e componentes de produção

Os resultados obtidos para diâmetro do caule (DCAU), altura da planta (APLA), altura do racemo primário (ARAC), número de racemos por planta (NRAC) e produtividade (PROD) são mostrados no Quadro 7. Observaram-se diferenças significativas para as características diâmetro de caule, número de racemos e produtividade, não havendo efeito significativo para altura do racemo primário e altura da planta (Quadro 4A).

Quadro 7. Diâmetro do caule (DCAU), altura da planta (APLA), altura do racemo primário (ARAC), número de racemos por planta (NRAC) e produtividade (PROD) da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada. Média de quatro repetições.

Torta de mamona	DCAU	APLA	ARAC	NRAC	PROD
%	cm	m	cm		kg ha ⁻¹
0	1,84	71,35	1,69	4,50	1980
25	2,09	69,93	1,80	5,00	2221
50	2,07	69,08	1,86	5,60	2319
75	2,10	76,80	1,88	5,55	2355
100	1,98	82,40	1,77	5,02	2481

Para o diâmetro caulinar verificou-se que houve efeito positivo em resposta ao aumento das proporções da torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral. Este aumento foi descrito por um modelo de regressão raiz quadrada (Figura 4A). Este resultado é corroborado por Severino et al. (2006) ao avaliar a produtividade e crescimento da mamona em resposta a adubação orgânica e mineral, que mostraram que a mamoneira responde fortemente ao uso de adubos orgânicos, especialmente quando combinados com adubação mineral. Estes autores obtiveram aumento significativo do diâmetro do caule em resposta a esta combinação. Resultado semelhante também foi obtido por Guimarães

(2008) que, avaliando o crescimento inicial do pinhão manso, verificou que este foi significativamente influenciado pela aplicação da matéria orgânica associada com o fertilizante mineral, aumentando, ainda, o diâmetro caulinar.

Verificou-se que para a variável altura de planta não houve efeito significativo (Figura 4B) da substituição da adubação mineral pela torta de mamona, indicando que esta característica não foi influenciada pela fonte de fertilizante.

Não houve efeito da substituição de adubação mineral pela torta de mamona na altura de racemo, obtendo-se altura média de 73,91 cm (Figura 4C). Mateus et al. (2009), avaliando as cultivares Íris, Savana e Guarani, também não encontraram efeito de doses de N (0 a 200 kg ha⁻¹) sobre a altura de inserção do racemo primário.

O número de racemos por planta aumentou com o aumento da proporção de torta de mamona em substituição a uréia. Este aumento foi descrito por um modelo de regressão polinomial quadrático (Figura 4D). Observa-se pela curva de regressão que houve um crescimento acentuado até o tratamento que teoricamente recebeu 60,3% do nitrogênio por meio da torta de mamona, em relação ao tratamento que recebeu exclusivamente fertilizante mineral (0% de torta), obtendo nesta proporção o número máximo de racemos, que correspondeu a 5,6 racemos por planta.

A substituição do nitrogênio mineral, fornecido pela uréia, pela torta de mamona proporcionou aumento linear dos valores obtidos para produtividade (Figura 4E). Teoricamente o tratamento que recebeu 45% do nitrogênio foi o que apresentou 90% da produtividade máxima, que corresponde a 2248,46 kg ha⁻¹. Assim, a combinação entre a adubação mineral e torta de mamona proporcionou a maior produtividade, com a dose de 787,5 kg ha⁻¹ de TM correspondente a substituição de 45 % da quantidade de N mineral. Severino et al. (2006) avaliando a produtividade da mamoneira em resposta a combinação de adubação orgânica e mineral verificou que no tratamento sem adubação mineral, a adubação orgânica, isoladamente, aumentou a produtividade em 457,6 kg ha⁻¹, a adubação mineral aumentou em 824,4 kg ha⁻¹ e a combinação de adubação orgânica e mineral aumentou em 1.008,8 kg ha⁻¹.

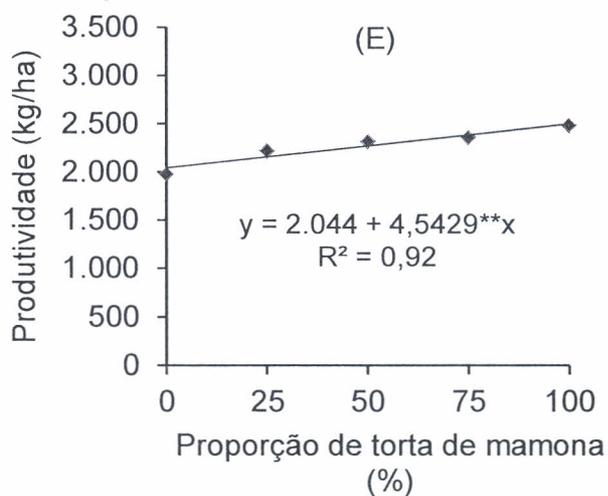
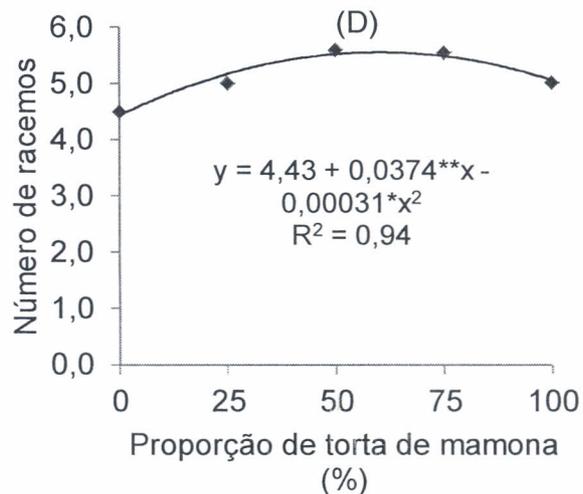
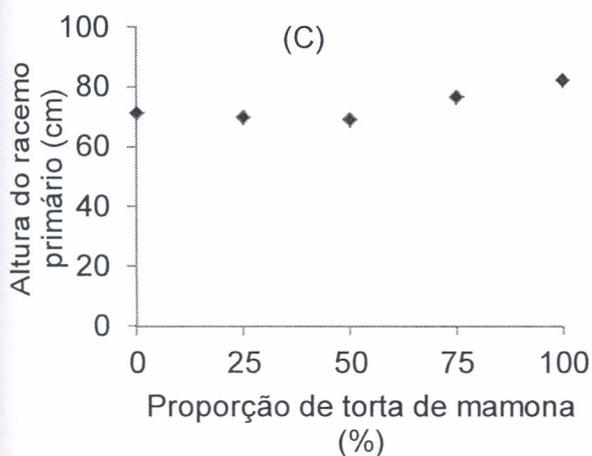
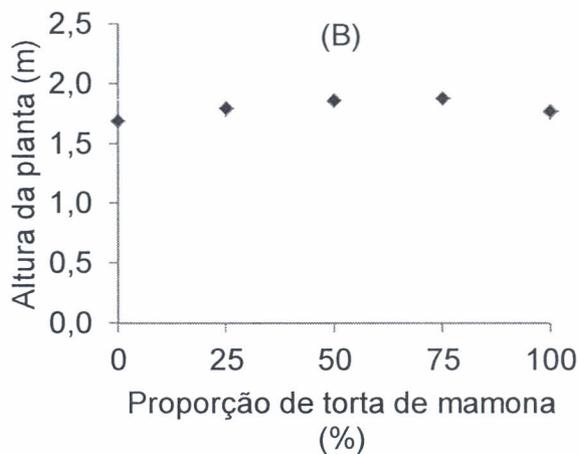
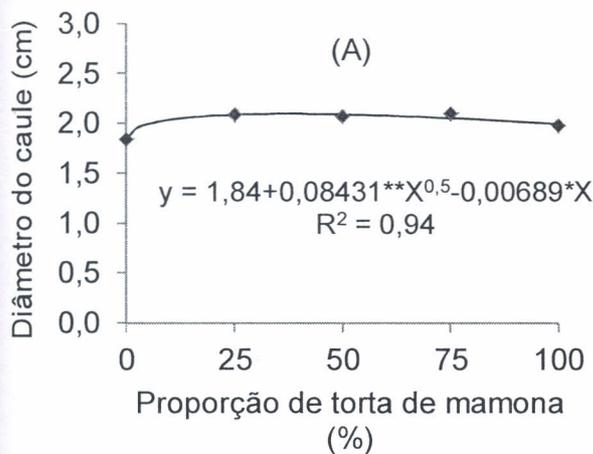


Figura 4. Diâmetro do caule, altura da planta, altura do racemo primário, número de racemos por planta e produtividade de plantas de mamona submetidas à adubação com diferentes proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada.

Gondim et al. (2010) avaliando a adubação do híbrido de mamoneira Savana, em cultivo de sequeiro, observou que a produtividade de sementes de mamona aumentou linearmente com o aumento da dose de N, na qual cada incremento de 10 kg ha⁻¹ de N o rendimento aumentou 167 kg ha⁻¹.

4.2.2. Concentração de macronutrientes na folha diagnóstica

Os resultados obtidos para os teores de foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio são mostrados no Quadro 8. Os dados revelaram diferenças significativas para todos os teores de macronutrientes encontrados na folha diagnóstica (Quadro 5A).

Quadro 8. Concentração de macronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada. Média de quatro repetições.

Torta de mamona	Concentração do nutriente na folha diagnóstica				
	N	P	K	Ca	Mg
%	----- g/kg -----				
0	48,7	3,49	23,5	36,5	3,61
25	49,7	3,74	22,9	37,8	3,94
50	45,9	3,70	21,8	34,8	3,81
75	42,3	3,56	22,0	30,8	3,27
100	38,3	3,71	21,4	31,3	3,35

Os teores de N na planta diminuíram com o aumento da proporção de torta de mamona em substituição a adubação mineral. Verificou-se que houve uma redução de 21,25% em relação ao tratamento que recebeu o nitrogênio exclusivamente da torta de mamona. Este efeito foi linear (Figura 5A), mostrando que a torta de mamona apresentou baixa eficiência em disponibilizar N para as plantas, em comparação com a uréia. Possivelmente, a liberação de N da torta de mamona, que tem uma matriz orgânica, não foi suficiente em tempo e, ou

intensidade para suprir as necessidades de N da planta. Este fato pode ter ocorrido devido imobilização do N durante a decomposição microbiana e por consequência, redução do teor deste nutriente para planta. A fonte mineral, apesar de estar submetida a transformações biológicas do N-amídico ($-\text{NH}_2$) a N amoniacal ($-\text{NH}_4^+$) e N-nitrato ($-\text{NO}_3^-$) mostrou maior eficiência na liberação de N para a cultura da mamona. Contudo, observou-se que praticamente todos os tratamentos encontram-se na faixa de teores de N considerados adequados para a mamoneira, que variam de 40 a 50 g kg^{-1} (Malavolta et al., 1997), exceto o tratamento que recebeu 100% de nitrogênio via torta de mamona. Lavres Júnior et al. (2005) e Lange et al. (2005) avaliaram o estado nutricional do híbrido Íris em solução nutritiva completa com macro e micronutrientes, e obtiveram valores foliares médios de 48,1 mg kg^{-1} próximos aos valores encontrados neste trabalho.

Os teores de fósforo e potássio na planta apresentaram média de 3,64 g kg^{-1} e 22,34 g kg^{-1} , respectivamente. Os valores observados não foram significativos e os resultados não evidenciaram nenhuma tendência em função dos tratamentos (Figura 5B e 5C, respectivamente). Góes (2010) avaliando a adubação do girassol com diferentes doses e proporções de torta de mamona constatou que não houve diferença significativa para os teores de fósforo e potássio nas folhas, corroborando os resultados obtidos neste trabalho.

Os teores de Ca no tecido foliar diminuíram com o aumento das proporções de torta em substituição a adubação mineral (Quadro 8), embora, esta redução seja de pequena magnitude. Entre a dose mínima e máxima a diferença foi de 18,43% apresentando decréscimo linear com o crescimento da proporção de torta aplicada (Figura 5D). O tratamento que recebeu 25% de N via torta de mamona e 75% de N do fertilizante mineral foi o que apresentou maior teor de cálcio na folha (37,8 g kg^{-1}). Contudo, os valores encontrados em todos os tratamentos encontram-se na faixa considerada adequada para a mamoneira, que variam de 15 a 25 g kg^{-1} (Malavolta et al., 1997).

Os teores de magnésio apresentaram comportamento descrito por um modelo raiz quadrada, diminuindo em resposta ao aumento da proporção de TM em substituição ao N mineral (Figura 5E), contudo esta diminuição foi muito pequena. Para todos os tratamentos, os valores encontrados encontram-se na faixa considerada adequada para a mamoneira que varia de 2,5 a 3,5 g kg^{-1} (Malavolta et al., 1997).

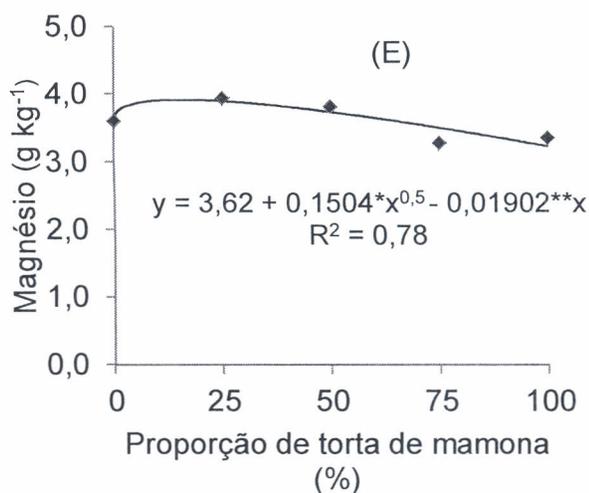
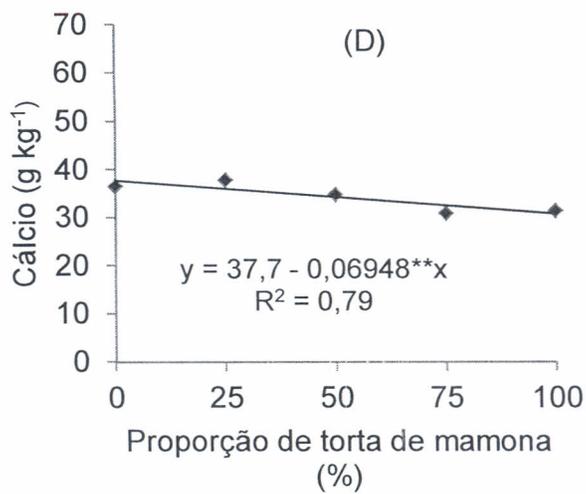
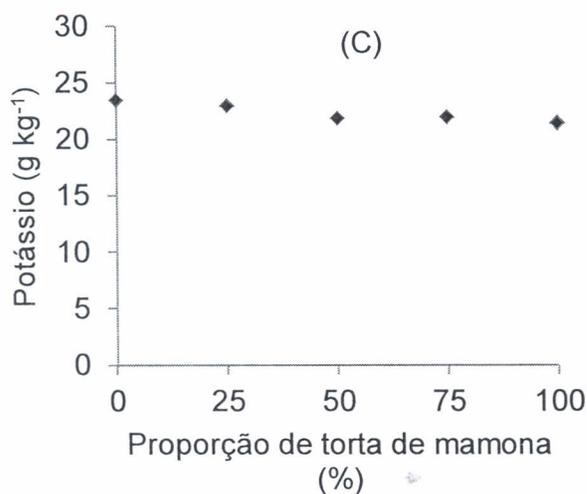
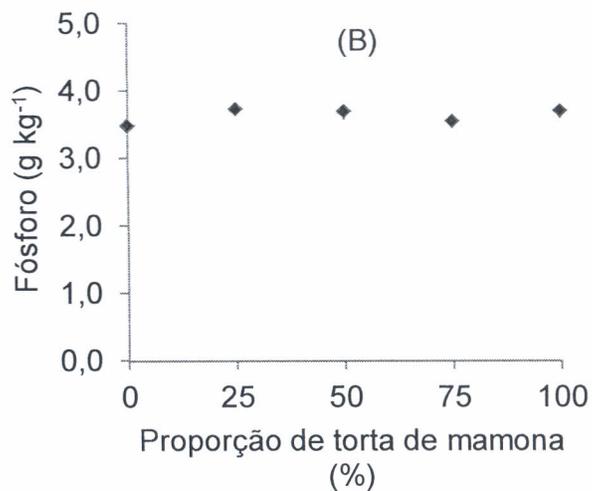
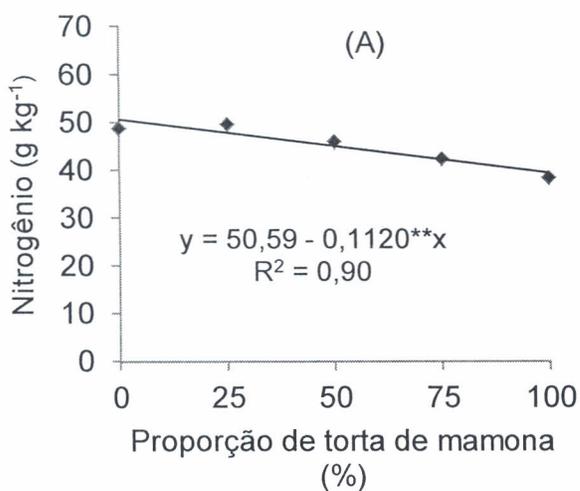


Figura 5. Concentração de macronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada.

4.2.3. Concentração de micronutrientes na folha diagnóstica

Os teores de micronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona em resposta a proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral são mostrados no Quadro 9. Houve efeito significativo para todos os micronutrientes avaliados, exceto para o teor de ferro encontrado na folha diagnóstica (Quadro 6A). Contudo, nenhum modelo explicou o comportamento dos dados. Assim, não foram realizadas análises de regressão para estas variáveis.

Quadro 9. Concentração de micronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada. Média de quatro repetições.

Torta de mamona %	Concentração				
	Fe	Cu	Mn	Zn	Ni
0	192	7	119	49	0,13
25	156	7	120	43	0,14
50	154	7	116	43	0,07
75	182	7	129	45	0,20
100	164	8	141	42	0,31

O teor médio de cobre encontrado neste trabalho, de 7,05 mg kg⁻¹, foi inferior ao encontrado por Souto (2007) que obteve, em seu experimento realizado com a cultura mamona adubada com doses crescentes de lodo de esgoto, um teor de 12,05 mg kg⁻¹. Camargo e Zarbini (2006), avaliando o estado nutricional da mamoneira em resposta a adubação foliar, obtiveram 8,8 mg kg⁻¹, valor também superior ao encontrado no presente trabalho.

Lange et al. (2005) avaliaram o estado nutricional do híbrido Íris em solução nutritiva completa com macro e micronutrientes, encontraram um teor de Mn de 27 mg kg⁻¹. Comparando-se os teores foliares de nutrientes, observou-se que os valores obtidos para Mn neste ensaio são consideravelmente superiores aos encontrados por estes autores.

Verificou-se que o valor médio de zinco encontrado no presente trabalho de 44,39 mg kg⁻¹ foi superior ao obtido por Souto (2007), que obteve o valor médio de 35,98 mg kg⁻¹.

O teor médio de níquel na planta foi de 0,17 mg kg⁻¹. Segundo Abreu et al. (2007) as concentrações de Ni na planta variam de 0,3 a 3,5 mg kg⁻¹. Desta forma todos os tratamentos com proporções de torta estão abaixo da faixa encontrada por este autor, exceto no tratamento em que 100% do N foi fornecido pela adubação com a torta de mamona em substituição ao N da uréia.

4.3. Influência da torta de mamona nas características químicas do solo

As alterações nas características químicas do solo foram avaliadas para diferentes doses de torta de mamona e épocas de aplicação. Constatou-se que a torta de mamona promoveu alterações em algumas características químicas do solo (Quadro 10).

Quadro 10. Características químicas do solo em função de diferentes tratamentos com torta de mamona em diferentes épocas de avaliação.

Torta de Mamona		Característica Química										
Dose	Época	pH	M.O.	N	P	K	Na	Ca	Mg	SB	CTC	PST
t ha ⁻¹			--- g kg ⁻¹ ---	---	---	mg dm ⁻³ ---	-----	cmol _c dm ⁻³ -----	-----	-----	-----	%
0,0	Antes	7,3	12	1,60	4	243	16,2	6,4	1,6	8,69	9,68	1,0
10,0	Depois	7,6	23	0,89	14	260	126	6,5	2,0	9,71	9,71	5,9
1,75 ¹	Depois	7,8	21	0,79	19	260	115	6,1	1,8	9,00	9,00	5,5

¹Esta dose corresponde a proporção de 100% de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada

Observa-se que a torta de mamona proporcionou mudanças nos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, sódio, matéria orgânica (M.O.) e na saturação por sódio (PST).

Os tratamentos com torta de mamona aumentaram o teor de matéria orgânica (M.O.) do solo, o que coloca a torta de mamona como alternativa para o incremento da M.O. de solos das regiões semiáridas. A manutenção da matéria

orgânica em regiões semiáridas é claramente um dos fatores principais no desenvolvimento de agroecossistemas sustentáveis. Esses sistemas preconizam a conservação do recurso solo em longo prazo, sendo essencial que a M.O. do solo seja mantida. Uma redução no conteúdo de M.O. é um indicador da queda de qualidade da maioria dos solos (Sá et al., 2010). Estes autores analisando a interação da adubação organo-mineral nos atributos químicos do solo na cultura do melão, constataram que a M.O. do solo em condições de fertilidade natural, que era $3,1 \text{ g kg}^{-1}$, aumentou para $7,5 \text{ g kg}^{-1}$ com a dose de 10 t ha^{-1} de torta de mamona, embora no tratamento testemunha (dose zero) o teor de M.O. tenha alcançado $6,9 \text{ g kg}^{-1}$. Os autores atribuem este efeito ao aumento da umidade do solo, proporcionado pela irrigação, a presença da planta e seu efeito rizosférico.

Com relação aos teores de nitrogênio, verifica-se que houve decréscimo dos valores obtidos no solo ao final do ensaio para ambas as doses avaliadas. Isto pode ser explicado pelo fato de a mamona ser bastante exigente em nitrogênio e parte deste nutriente ter sido exportado durante o período da colheita, visto que as folhas, frutos e cascas da mamoneira são ricos em N. Este resultado pode ser corroborado por Weiss (1983) ao afirmar que para a mamoneira produzir 1.700 kg ha^{-1} de sementes, estima-se que ela extraia do solo o equivalente a 50 kg ha^{-1} de N, sem contar as quantidades absorvidas para compor outras estruturas como raízes, caules, cascas e folhas. Se considerar que as cascas dos frutos não retornam para as lavouras, a quantidade deste nutriente exportado será ainda maior.

Existe ainda a possibilidade de que parte considerável do N presente na torta de mamona não tenha sido liberado durante o curto período de cultivo ou tenha sido imobilizado pelos microrganismos, o que pode ser confirmado pelo aumento dos teores de matéria orgânica do solo.

Para o teor de fósforo constatou-se que houve um efeito positivo da torta de mamona, verificando-se um aumento nos teores deste elemento no solo, que era de $3,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de P antes da instalação do experimento e passou para $13,9$ e 19 mg dm^{-3} , respectivamente, nas duas situações avaliadas. Portanto, o diferencial no incremento de fósforo observado nos dois tratamentos pode ter sido resultado da mineralização da torta de mamona, uma vez que a matéria orgânica é fonte de energia para os microrganismos. O resultado do presente trabalho foi corroborado por outros autores. Góes (2010) avaliando adubação do girassol com

diferentes doses e proporções de torta de mamona verificou que com a dose de 10 t ha^{-1} houve um maior acúmulo de fósforo no solo. Sá et al. (2010) estudando a interação da adubação organo-mineral nos atributos químicos do solo na cultura do melão, submetida a adubação com diferentes dose de torta de mamona (0, 2, 4, 6, 8, 10 t ha^{-1}), constaram que na maior dose (10 t ha^{-1}) de torta de mamona foi possível obter maior disponibilidade de P no solo, superior as condições naturais de fertilidade. Almeida Júnior (2010) avaliando a adubação orgânica em cana-de-açúcar e os seus efeitos no solo e na planta constatou que a aplicação de doses crescentes de torta de filtro promoveu expressivos incrementos dos teores de P no solo, indicando a eficiência do resíduo em suprir P para o crescimento vegetal. Os resultados obtidos neste experimento fornecem um indicativo do potencial da torta de mamona como fonte de fósforo.

O teor de potássio também aumentou em resposta as doses de torta de mamona. Sá et al. (2010) verificaram que o teor de potássio aumentou com a adição da torta de mamona, relacionando este fato com a adição de resíduo orgânico ao solo. Nascimento et al. (2003) e Faria et al. (2007) também encontraram resultados semelhantes ao constatarem aumento de potássio no solo, com o uso de leguminosas como adubo verde. Lacerda e Silva (2006) observaram aumento do teor potássio no solo, utilizando feijão-de-porco, como adubo verde. Almeida Júnior (2010) também constatou que a torta de filtro usada na adubação da cana-de-açúcar propiciou incrementos significativos nos teores de K no solo.

Verificou-se um elevado incremento no teor de sódio no solo. Isto se deve ao emprego de NaOH no processo de fabricação de biodiesel direto da semente, utilizado como catalisador durante a transesterificação, o que justifica os altos teores encontrados na torta PDS em relação à torta convencional (Zonta et al., 2008). Segundo este autor, uma alternativa para redução deste teor seria a substituição do NaOH pelo KOH. Góes (2010) corrobora os resultados obtidos neste trabalho, ao usar a torta de mamona PDS na adubação do girassol, constatando valores elevados deste elemento no solo. Percebe-se que houve um aumento significativo na saturação por sódio (PST), devido aos teores de sódio ter sido muito elevados.

5. CONCLUSÕES

A utilização de torta de mamona, como fonte exclusiva de nutrientes para a mamoneira, aumentou o crescimento, a produtividade e melhorou o estado nutricional das plantas, principalmente quando se aplicaram doses de até 10 t ha⁻¹.

A substituição parcial ou total da dose de N mineral recomendado para a cultura da mamona pela torta de mamona PDS foi benéfica, uma vez que isso não prejudicou o crescimento e nem o estado nutricional, mas, aumentou a produtividade.

A torta de mamona PDS proporciona aumento da matéria orgânica do solo e dos teores residuais de fósforo e potássio no solo, assim como da saturação por sódio.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J.C. Fertilidade do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.1017p.
- ALMEIDA JÚNIOR, A. B. Adubação orgânica em cana-de-açúcar: efeitos no solo e na planta. Recife, 2010. 58 p. (Dissertação de Mestrado).
- ARAÚJO, A.P.; MACHADO, C.T.T. Fósforo, In: FERNANDES, M.S. (Ed.). Nutrição Mineral de Plantas. Viçosa: Soc. Bras. Ci. Solo, 2006. p.253-280.
- AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Ed.). O Agronegócio da mamona no Brasil. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 350p.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F.A. de O. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.9-26.
- BELTRÃO, N.E.M.; COSTA, F.X.; SEVERINO, L.S.; LIMA, V.L.A.; SOARES, F.A.L.; FREIRE, M.A.O.; LUCENA, A.M.A.; GUIMARÃES, M.M.B. & MEDEIROS, L.B. Macronutrientes na folha da mamoneira em solo com diferentes densidades global e adubado com torta de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., Aracaju, 2006. Anais. Campina Grande, Embrapa Algodão, 2006. p.96.
- BELTRÃO, N. E de M. Torta de mamona (*Ricinus communis* L.): fertilizante e alimento. 2.ed. Campina Grande, Embrapa Algodão, 2003. 6 p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 171)
- BELTRÃO, N.E.M.; SILVA, L.C. Os múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e a importância do seu cultivo no Brasil. Fibras e Óleos, Campina Grande, 31:7, 1999.
- CAMARGO, A. P. M. de; ZARBINI, A. V. Diagnóstico nutricional da mamoneira em resposta a adubação foliar no oeste da Bahia. II CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL. Anais. Varginha, MG, 2006.
- CARVALHO, B. C. L. Manual do cultivo da mamona. Salvador : EBDA, 2005. 65 p.
- COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO – CONAB. 7º Levantamento de Avaliação da Safra de Grãos. Safra 2011. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2011.

COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LIMA, V. L. A.; NUNES JÚNIOR, E. S.; GUIMARÃES, M. M. B.; DAMACENO, F. A. V. Efeito do lixo orgânico e torta de mamona nas características de crescimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.). Engenharia Ambiental, v. 6, n.1, p.259-268, 2009.

COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, L. S.; LIMA, V. L. A.; GUIMARÃES, M. M. B.; LUCENA, A. M. A. Resposta do efeito da compactação do solo adubado com torta de mamona nos macronutrientes das folhas da mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2., Brasília. Anais. Brasília: BIPTI, 2006.

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1997.

FARIA, C. M. B. de; COSTA, N. D.; FARIA, F. F. Atributos químicos de um argissolo e rendimento de melão mediante o uso de adubos verdes, calagem e adubação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Vicosa, v.31, n.2, p. 299-307, mar/abr. 2007.

FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; SANTOS, A.C.M.; XAVIER, R.M.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E. De M.; DANTAS, J.P.; MORAES, C.R.A. Deficiência de enxofre e micronutrientes na mamoneira (*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.

FREITAS, F. C. DE. Uso de resíduo orgânico da produção direta de biodiesel na atenuação dos efeitos de hidrocarbonetos de petróleo no solo. Seropédica/RJ, 2009. 110 p. (Dissertação de Mestrado).

GÓES, G. B. R. C. Adubação do girassol com torta de mamona da produção de biodiesel direto da semente. Mossoró, 2010. 63 p. (Dissertação de Mestrado).

GONDIM, T. M. DE S.; SOFIATTI, V.; SEVERINO, L. S.; FERRERIA, G. B.; VASCONCELOS, R. DE A.; SILVA, F. M. DE O.; SILVA, V. N. B.; SILVA, D. M. A. CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4 & SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: Anais. Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 418-424.

GUIMARÃES, M. M. B.; ALBUQUERQUE, R. C.; LUCENA, A. M. A.; COSTA, F.X.; FREIRE, M. A. O.; BELTRÃO, N. E. M.; SEVERINO, L. S. Fontes orgânicas de nutrientes e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da mamoneira. In: II Congresso Brasileiro de Mamona. Cenário Atual e Perspectivas, Aracaju, SE, 2006.

GUIMARÃES, A. de S. Crescimento inicial do pinhão manso (*Jatropha curcas* L. 1753.) em função de fontes e quantidades de fertilizantes. Areia/PB, 2008. 92 p. (Tese de Doutorado).

HOFFMANN, I.; GERLING, D.; KYOGWOM, U. B.; MANEBIELFELDT, A. Farmers management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigéria. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v.86, n.3, p.263-275, 2001.

IBGE. Perfil dos municípios brasileiros. Pesquisa de informações básicas municipais 2008. Rio de Janeiro, Departamento de População e Indicadores Sociais, 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

INSTITUTO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE - IDEMA. Perfil do seu município: Baraúna. 2010. Disponível em:<<http://www.idema.rn.gov.br/governo/secretarias/idema/perfil/Barauna>>.

KONNUR, R.; SUBBARAO, E.C. Biogas form de-oiled castor cake. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON CASTOR SEED, CASTOR OIL AND ITS VALUE ADDED PRODUCTS. Proceedings Ahmedabad: The Solvent Extractors Association of India, 2004. p. 31-35.

LACERDA, N. B de; SILVA, J. R. C. Efeitos da erosão e de técnica de manejo sobre produção do algodoeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.10, n.4, out./dez. 2006.

LANGE, A.; MARTINES, A. M.; SILVA, M. A. C. da; SORREANO, M. C. M.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.40, n.1, p.61-67, jan. 2005.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. dos S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. *Revista Bras. Ciência do Solo*, 2008. P. 1969-1975.

LAVRES JÚNIOR, J.; BOARETTO, R.M.; SILVA, M.L.S.; CORREIA D.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. *Pes. Agrop. Bras.*, 40:145-151, 2005.

LIMA, R. L. S. de; SEVERINO, L. S.; SAMPAIO, L. R.; FREIRE, M. A. O.; SOFIATTI, V.; BELTRÃO, N. E. M. Combinação de casca e torta de mamona como adubo orgânico para a Mamoneira. In III congresso Brasileiro de mamona. Energia e ricinoquímica, Salvador, 2008.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; SILVA, M. I. L. da ; ALBUQUERQUE, R. C. ; BELTRÃO, N. E. M . Crescimento da mamoneira em solo com alto teor de alumínio na presença e ausência de matéria orgânica. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, v. 11, p. 15-21, 2007.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; ALBUQUERQUE, R. C.; BELTRÃO, N. E. M. Avaliação da casca e da torta de mamona como fertilizante orgânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., Aracaju, 2006. Anais. Aracaju: Embrapa Algodão, 2006.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. C.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 1-64.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. 2.ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 319p. 1997.

MATEUS, G.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SANTANA, J.E.; BORGUI, E. Adubação nitrogenada em híbridos de mamona no sistema de semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2009. Anais. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 2009. CD-ROM.

MEDEIROS, V. de F. L. de P. Utilização de torta de mamona para adubação do algodoeiro BRS Verde. Mossoró, 2010. 58 p. (dissertação de mestrado).

MILANI, M. Descritores de mamona utilizados pela Embrapa Algodão. Campina Grande, Embrapa Algodão, 2008. 39p. (Embrapa Algodão. Documentos, 192).

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. de F. da; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. de F. da. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n.3, set./dec. 2003.

OLIVEIRA, A. E. S.; SA, J. R. de; MEDEIROS, J. F.; NOGUEIRA, N. W.; SILVA, K. J. Interação da adubação organo-mineral no estado nutricional das plantas. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. , v.5, n.3, 2010.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA FILHO, A. F.; MEDEIROS, J. F.; ALMEIDA JUNIOR, A. B.; LINHARES, P. C. F. Desenvolvimento inicial da mamoneira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. Revista Caatinga, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 206-211, 2009.

OLIVEIRA FILHO, A.F., OLIVEIRA, F. de A.; MEDEIROS, J.F.; MESQUITA, T.O.; ZONTA, E. Crescimento de cultivares de mamoneira sob doses de torta de mamona. Revista Verde v.5, n.5, p. 18-24 (Numero Especial), 2010.

PRIMO, D. C.; JESUS, K. N.; SILVA, T. O.; SANTOS, L. G.; PEDROSA, K. M. M. Avaliação de diferentes fontes de adubos orgânicos no cultivo da mamoneira. CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: Anais.Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 465-469.

RIBEIRO FILHO, J. Cultura de mamoneira. Viçosa: UFV, 1966. 75p.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Análises estatísticas no SAEG. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 301 p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

SÁ, J. R.; OLIVEIRA, A. E. S.; MEDEIRO, J. F.; NOGUEIRA, N. W.; SILVA, C. B. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável – Grupo Verde de Agricultura Alternativa (Mossoró-RN) v.5, n.3, p. 89 – 100, 2010. ISSN 1981-8203.

SANTOS, A. C. M.; FERREIRA, G. B.; XAVIER, M. R.; FERREIRA, M. M. M.; SEVERINO, S. L.; BELTRÃO, N. E. de M.; DANTAS, J. P.; MORAES, C. R. de A. Deficiência de nitrogênio na mamona (*Ricinus communis* L.): Descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, ENERGIA E SUSTENTABILIDADE. 1, 2004. Anais. Campina Grande, Embrapa Algodão, 2004.

SANTOS, R. F.; BARROS, M. A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P.T.; REQUEIÃO, L. E. G.; Análise econômica. In: AZEVEDO, D.M.P; LIMA, E.F. O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília, Embrapa Algodão (Campina Grande, PB), Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 17-35.

SAVY FILHO, A. Mamona Tecnologia Agrícola. Campinas : EMOPI, 2005. 105 p.

SCIVITTARO, W.B.; PILLON, C.N. Calagem e adubação para a cultura da mamona no Sul do Brasil. Comunicado técnico 150. EMBRAPA, Pelotas, 2006. 8p.

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. de M.; LUCENA, A. M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.5, n.1, p. 650-655, 2004.

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.

SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G.B.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; FREIRE, W.S.A.; CASTRO, D.A.; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E.M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macro e micronutrientes. Pesq. Agrop. Bras., Brasília, v.41, p.563-568, 2006.

SEVERINO, S. L. O que sabemos sobre a torta de mamona. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 31 p. (Documentos, 134).

SILVA, A. R. da C. Adubação nitrogenada e fosfatada da cultura da mamoneira no município de Mossoró-RN. Mossoró, 2010. 45 p. (Dissertação de Mestrado).

SILVA, T. R. B.; LEITE, V. E.; SILVA, A. R. B.; VIANA, L. H. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura da mamona em plantio direto. Pesq. agrop. bras., Brasília, v.42, n.9, p.1357-1359, set. 2007.

SOFIATTI, V.; SEVERINO, L.S.; GONDIM, T.M.S., FREIRE, M.A.O.; SAMPAIO, L.R.; VALE, L.S.; LUCENA, A.M.A.; SILVA, D.M.A. Adubação da Cultivar BRS Energia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA. 3., Salvador, 2008. Anais. Salvador, Energia e Ricinoquímica, 2008. p.68.

SOUTO, L. S. Resposta da cultura da mamona à fertilização com lodo de esgoto. Botucatu-SP, 2007. 75 p. (Tese de Doutorado).

SOUZA, E. C. A.; NATALE, W. Efeito do boro e do zinco na cultura da mamoneira. Científica, Jaboticabal, SP, v.13, p.327-333, 1997.

TÁVORA, F.J.A. A cultura da mamona. Fortaleza. EPACE, 1982. 119p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

WEISS, E.A. *Oil seed crops*. London: região de Irecê, no Estado da Bahia. Longman, 1983. 659p.

ZONTA, E.; LIMA, E.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZUR, N.; OLIVEIRA, C.; PORTZ, A.. FREITAS, F. C.; BOECHAT, A. E. A.; GUEDES, J. N. CARVALHO, A. O.; POLIDORO, J. C.; BALIEIRO, F. C.; BRASIL, F. C.; CEDDIA, M. B.; FRAGA, M. E.; ZOFFOLI, H. J. O. Potencial de aplicação da torta de mamona na agricultura, na remediação de áreas impactadas e na recuperação de áreas degradadas. PETROBRAS, 2008. 97 p. (Relatório Técnico).

APÊNDICE

Quadro 1A. Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) para diâmetro do caule (DCAU), altura da planta (APLA), altura do racemo primário (ARAC), número de racemos por planta (NRAC) e produtividade (PROD) da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes doses de torta de mamona.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO				
		DCAU	APLA	ARAC	NRAC	PROD
Bloco	3	0,035 ^{ns}	0,038 ^{ns}	10,879 ^{ns}	1,146 ^{ns}	475843 ^{ns}
Tratamento	9	0,466 ^{**}	0,273 ^{**}	128,913 ^{ns}	7,671 ^{**}	1875307 ^{**}
Resíduo	27	0,044	0,039	103,866	1,098	445658,8
CV (%)		9,7	10,7	13,7	18,7	27,4
Regressão		RQ	RQ	NA	RQ	RQ

^{**}, ^{*} = significativo a 1 % e 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} = não significativo; RQ = ajuste raiz quadrada e NA= nenhum modelo de regressão explicou o comportamento dos dados.

Quadro 2A. Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) para concentração de macronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes doses de torta de mamona.

CV	GL	QUADRADO MÉDIO				
		N	P	K	Ca	Mg
Bloco	3	7,628 ^{ns}	0,226 ^{ns}	0,249 ^{ns}	18,703 ^{ns}	0,202 ^{ns}
Tratamento	9	208,861 ^{**}	0,766 ^{**}	21,634 ^{**}	85,483 ^{**}	0,604 ^{**}
Resíduo	27	22,184	0,177	5,603	16,999	0,105
CV (%)		10,1	11,4	10,3	13,1	9,2
Regressão		Q	Q	Q	NA	NA

^{**}, ^{*} = significativo a 1 % e 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} = não significativo; Q = ajuste quadrático e NA= nenhum modelo de regressão explicou o comportamento dos dados.

Quadro 3A. Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) para concentração de micronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes doses de torta de mamona.

FV	GL	Quadrado médio				
		Fe	Cu	Mn	Zn	Ni
Bloco	3	427,946 ^{ns}	1,500 ^{ns}	8125,004 ^{ns}	105,413*	0,014 ^{ns}
Tratamento	9	632,866 ^{ns}	3,233**	55065,02**	225,045**	0,064*
Resíduo	27	1267,128	0,574	4347,707	28,795	0,022
CV (%)		21,1	9,7	32,5	11,8	58,4
Regressão		NA	NA	L	Q	NA

**, * = significativo a 1 % e 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns = não significativo; L = ajuste Linear; Q = ajuste quadrático e NA= nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados.

Quadro 4A. Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) para diâmetro do caule (DCAU), altura da planta (APLA), altura do racemo primário (ARAC), número de racemos por planta (NRAC) e produtividade (PROD) da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO				
		DCAU	APLA	ARAC	NRAC	PROD
Bloco	3	0,035 ^{ns}	0,038 ^{ns}	10,879 ^{ns}	1,146 ^{ns}	475843 ^{ns}
Tratamento	9	0,466**	0,273**	128,913 ^{ns}	7,671**	1875307**
Resíduo	27	0,044	0,039	103,866	1,098	445658,8
CV (%)		9,7	10,7	13,7	18,6	27,4
Regressão		RQ	NA	NA	Q	L

**, * = significativo a 1 % e 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns = não significativo; RQ = ajuste raiz quadrada; Q = ajuste quadrático; L = ajuste linear e NA= nenhum modelo de regressão explicou o comportamento dos dados.

Quadro 5A. Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) para teores de macronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida à adubação com diferentes proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada. Média de quatro repetições.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO				
		N	P	K	Ca	Mg
Bloco	3	7,628 ^{ns}	0,226 ^{ns}	0,249 ^{ns}	18,703 ^{ns}	0,202 ^{ns}
Tratamento	9	208,861 ^{**}	0,766 ^{**}	21,634 ^{**}	85,483 ^{**}	0,604 ^{**}
Resíduo	27	22,184	0,177	5,603	16,999	0,105
CV (%)		10,1	11,4	10,3	13,1	9,2
Regressão		L	NA	NA	L	RQ

^{**}, ^{*} = significativo a 1 % e 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns = não significativo; L = ajuste linear; RQ = ajuste raiz quadrada e NA= nenhum modelo de regressão explicou o comportamento dos dados.

Quadro 6A. Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) para concentração de micronutrientes na folha diagnóstica da cultura da mamona submetida a adubação com diferentes proporções de torta de mamona em substituição à dose de nitrogênio mineral recomendada.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO				
		Fe	Cu	Mn	Zn	Ni
Bloco	3	427,946 ^{ns}	1,500 ^{ns}	8125,004 ^{ns}	105,413 [*]	0,014 ^{ns}
Tratamento	9	632,866 ^{ns}	3,233 ^{**}	55065,02 ^{**}	225,045 ^{**}	0,064 [*]
Resíduo	27	1267,128	0,574	4347,707	28,795	0,022
CV (%)		21,1	9,6	32,5	11,7	58,4
Regressão		NA	NA	NA	NA	NA

^{**}, ^{*} = significativo a 1 % e 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns = não significativo e NA= nenhum modelo de regressão explicou o comportamento dos dados.