



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



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

**ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E MORFOLÓGICAS
DA MAMONEIRA SOB EFEITO DE DOSES DE
TORTA DE MAMONA E NÍQUEL**

ROSINALDO DE SOUSA FERREIRA

**Campina Grande
Paraíba**



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

ROSINALDO DE SOUSA FERREIRA

ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E MORFOLÓGICAS DA MAMONEIRA
SOB EFEITO DE DOSES DE TORTA DE MAMONA E NÍQUEL

CAMPINA GRANDE, PB

FEVEREIRO, 2013

ROSINALDO DE SOUSA FERREIRA

**ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E MORFOLÓGICAS DA MAMONEIRA
SOB EFEITO DE DOSES DE TORTA DE MAMONA E NÍQUEL**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Irrigação e Drenagem

ORIENTADORES: Prof. Dr. Juarez Paz Pedroza (UFCG)

Prof. Dr. Napoleão Esberard de Mâcedo Beltrão (EMBRAPA)

CAMPINA GRANDE, PB

FEVEREIRO, 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

F383a

Ferreira, Rosinaldo de Sousa Ferreira.

Alterações fisiológicas e morfológicas da mamoneira sob efeito de doses de torta de mamona e níquel / Rosinaldo de Sousa Ferreira. – Campina Grande, 2013.

56 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciência e Tecnologia, 2013.

“Orientação: Prof. Dr. Juarez Paz Pedroza, Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão.”

Referências.

1. Cultivo de Mamona. 2. *Ricinus Communis* L. 3. Adubação.
I. Pedroza, Juarez Paz. II. Beltrão, Napoleão Esberard de Mâcedo.
III. Título.

CDU 633.85(043)

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG

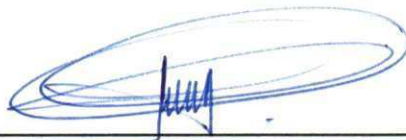
ROSINALDO DE SOUSA FERREIRA

**ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E MORFOLÓGICAS DA MAMONEIRA
SOB EFEITO DE DOSES DE TORTA DE MAMONA E NÍQUEL**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Irrigação e Drenagem

Aprovada em: 14 de Fevereiro de 2013

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Juarez Paz Pedroza - UFCG
Orientador



Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão - EMBRAPA
Orientador



Prof. Dr. José Felix de Brito Neto - EMBRAPA



Prof. Dr. João Miguel de Moraes Neto - UFCG

Dedico In memorian ao Professor Napoleão Esberard de Mácedo Beltrão, com seus sábios ensinamento, aprendi grandes lições não só sobre a pesquisa em estudo, mas aprendizagens sobre a vida e suas valiosas contribuições foram de grande importância para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo infinito amor de me conceder o Dom da Vida, por todas as vitórias e oportunidades concedidas;

A meus pais, Maria do Socorro Ferreira e Sotero Pinto por acreditarem em mim, pelo apoio, torcida e, principalmente, pelo amor mostrando simplicidade e não medir esforços na criação, educação e ensinamento do bom caminho;

A meus irmãos, Ronildo de Sousa Ferreira, Robson de Sousa Ferreira, Rosinildo de Sousa Ferreira e Ricardo Júnior de Sousa Ferreira, pela ajuda, companhia e confiança;

A minha noiva, Lucimara Ferreira de Figueredo, pelo amor, afeto, companheirismo, incentivo e força, por todos os momentos em que sempre esteve ao meu lado;

À Universidade Federal de Campina Grande e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade da realização do curso;

À Embrapa Algodão, por conceder o espaço da realização da pesquisa;

Aos meus orientadores, Dr. Juarez Paz Pedrosa e Dr. Napoleão Esberad de Mácido Beltrão, pela orientação, apoio, credibilidade, confiança e amizade, pelos conhecimentos passados com sabedoria e paciência, suas sugestões foram de grande importância durante a realização do experimento e na parte da melhoria da qualidade na finalização deste trabalho;

Ao Dr. José Félix de Brito Neto, da Embrapa Algodão pelas suas sábias contribuições com sugestões e aconselhamento para a qualidade deste estudo;

A todos os funcionários da Embrapa Algodão, pela colaboração durante a realização do experimento;

A todos os professores do Mestrado que contribuíram para a minha formação acadêmica através dos seus ensinamentos durante o período das disciplinas;

Aos amigos e colegas de Pós-Graduação, Sebastião Júnior, Jailma, Alberto Calado, Abel, Wellyson, Aaron, Lenildo, Arsênio, Antônio, Denise, Marcos, Enoque, Flávio, Pedro Henrique, Luciano Saboya, José Wilson e demais colegas, pela convivência e compartilhamento dos conhecimentos;

Aos meus amigos Sebastião Júnior, Flávio, Janivan, Ivomberg, Marcelo, Sonivagno e Leandro, pela amizade, apoio, incentivo e convivência de moradia;

Aos amigos José Madson, Jeferson, Ferraz, Flaviana, Alexson, Izaac, Otávio, Antônio, Rennan, Júnior e Salatiel, pela amizade e incentivo;

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos;

A todos que contribuíram, de forma direta ou indireta, na realização deste trabalho.

ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E MORFOLÓGIAS DA MAMONEIRA SOB EFEITO DE DOSES DE TORTA DE MAMONA E NÍQUEL

RESUMO: No semiárido, o cultivo da mamona surge como alternativa nas áreas econômica, ambiental e social, geração de emprego e renda, fortalecendo a economia agrícola e o setor rural. A adubação é uma prática agrícola que fornece nutrientes ao solo melhorando suas propriedades químicas e físicas. Assim, a torta de mamona como uma alternativa de adubação, apresenta quantidades significativas de N, P e K, além de atuar no aumento da capacidade de armazenamento de água, por sua vez, o níquel é um elemento importante para as plantas, cuja deficiência impede a ação da urease, elevando o acúmulo da ureia nas folhas. Desta forma objetivou-se, com este trabalho, analisar a influência da torta de mamona e níquel no crescimento e comportamento fisiológico da mamoneira 'BRS Energia'. O estudo foi realizado na Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, em delineamento experimental inteiramente casualizado, montado em esquema fatorial 4 x 4, sendo quatro doses de níquel (0,0; 4,0; 8,0; 12 mL da solução na concentração de 50 mg L⁻¹) aplicadas via foliar, quatro doses de torta de mamona (0,0; 1,0; 2,0 e 3,0 t ha⁻¹) com quatro repetições. Avaliaram-se os comportamentos de crescimento: diâmetro do caule, altura da planta, área foliar, fitomassa das folhas, caules e raízes; comportamentos fisiológicos: fluorescência, índice relativo de clorofila e trocas gasosas. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão. A torta de mamona exerceu efeito significativo sobre as variáveis de crescimento, massa seca, eficiência quântica do fotossistema II, índice relativo de clorofila e trocas gasosas. Registrou-se que não houve alteração no crescimento, área foliar, fitomassa seca do caule e raízes, fluorescência nem no índice relativo de clorofila em resposta à aplicação de níquel. Por sua vez, a aplicação de torta de mamona reduziu a transpiração, condutância estomática, eficiência instantânea do uso da água e a eficiência instantânea de carboxilação.

Palavras – chave: *Ricinus communis* L., adubação, crescimento, fisiologia.

PHYSIOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL CHANGES OF CASTOR BEAN UNDER EFFECT OF DOSES OF CASTOR BEAN CAKE AND NICKEL

ABSTRACT: In the semiarid, the cultivation grown of castor bean emerges as alternative in the economic, environmental and social sectors, employment generation and generating income, strengthening the agricultural economy and the rural sector. Fertilization is an agricultural practice, that provides nutrients to the soil and improve its physical and chemical properties of. Thus, the castor beazcake, as a fertilization alternative, presents significant amounts of N, P and K, and act increasing the capacity of water storage; in other way, nickel is an important element for plants, whose deficiency prevents the action of urease, increasing the accumulation of urea in the leaves. Thus the aim, of this work was, to analyze the influence of castor bean cake and nickel on growth and physiological behavior of castor bean 'BRS Energia'. The study was accomplished at the Embrapa Cotton, Campina Grande, PB, in a completely randomized design, organized in a 4 x 4 factorial scheme, four doses of nickel (0.0, 4.0, 8.0, 12 mL of the solution in concentration of 50 mg L⁻¹) applied in the leaves, four doses of castor bean cake (0.0, 1.0, 2.0 and 3.0 t ha⁻¹) with four replications. The behavior of growth: stem diameter, plant height, leaf area, leaves, stems and roots dry matter; physiological behaviors: fluorescence, relative chlorophyll index and gas exchange were evaluated. The data were subjected to analysis of variance and regression. The castor bean cake influenced the growth parameters, dry matter, quantum efficiency of photosystem II, relative chlorophyll index and gas exchange. It was reported that there was no changes in the growth, leaf area, dry weight of stem and roots, fluorescence nor in relative chlorophyll index in response to application of nickel. In turn, the application of castor bean cake reduced transpiration, stomatal conductance, instantaneous water use efficiency and instantaneous carboxylation efficiency.

Key words: *Ricinus communis* L., fertilization, growth, physiology.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise física do solo da área experimental, Campina Grande, 2012.....	21
Tabela 2: Análise química do solo da área experimental, Campina Grande, 2012.....	21
Tabela 3: Principais macronutrientes da torta de mamona, nitrogênio (n), fósforo (p) e potássio (k) Campina Grande, 2012.....	22
Tabela 4: Resumo das análises de variância do crescimento de plantas de mamoneira BRS Energia, em função da torta de mamona e doses de níquel. Campina Grande, PB, 2012.....	28
Tabela 5: Resumo das análises de variância da fitomassa seca de plantas de mamoneira BRS Energia, em função da torta de mamona e doses de níquel. Campina Grande, PB, 2012.....	32
Tabela 6: Resumo das análises de variância da fluorescência da clorofila 'a' de plantas de mamoneira BRS Energia, em função da torta de mamona e doses de níquel. Campina Grande, PB, 2012.....	35
Tabela 7: Resumo das análises de variância do índice relativo de clorofila de plantas de mamoneira BRS Energia, em função da torta de mamona e doses de níquel. Campina Grande, PB, 2012.....	37
Tabela 8: Resumo das análises de variância para as trocas gasosas de plantas de mamoneira BRS Energia, em função da torta de mamona e doses de níquel. Campina Grande, PB, 2012.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Aferição do diâmetro do caule (mm) de plantas de mamoneira, Campina Grande, PB, 2012.....	23
Figura 2. Medição da altura da planta (cm) de plantas de mamoneira, Campina Grande, PB, 2012.....	23
Figura 3. Aferição da área foliar (cm ²) de plantas de mamoneira BRS Energia, Campina Grande, PB, 2012.....	24
Figura 4. Pesagem da fitomassa das folhas (A) e do caule (B) de plantas de mamona BRS Energia, Campina Grande, PB, 2012.....	25
Figura 5. Fluorômetro PEA II (A); presilha de leitura do fluorômetro (B); leitura das folhas de mamoneira (C). Campina Grande, PB, 2012.....	25
Figura 6. Leitura do índice relativo de clorofila (SPAD) em folhas de mamoneira, Campina Grande, PB, 2012.....	26
Figura 7. Avaliação de trocas gasosas utilizando-se o IRGA na mamona, Campina Grande, PB, 2012.....	27
Figura 8. Diâmetro do caule da planta de mamoneira (DC) em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012.....	29
Figura 9. Altura da planta de mamoneira (AP) em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012.....	30
Figura 10. Área foliar da planta de mamoneira (AF) em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012.....	31
Figura 11. Fitomassa das folhas de planta de mamoneira (FSF) em função de doses de torta de mamona (A) e doses de níquel (B). Campina Grande, PB, 2012....	33
Figura 12. Fitomassa do caule de planta de mamoneira (FSC) em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012.....	33
Figura 13. Fitomassa da raiz de planta de mamoneira (FSR) em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012.....	34
Figura 14. Eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012.....	36
Figura 15. Índice relativo de clorofila em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012.....	38

Figura 16. Concentração interna de CO ₂ (CI) em função de doses de torta de mamona (A) e doses de níquel (B). Campina Grande, PB, 2012.....	40
Figura 17. Desdobramento da taxa de transpiração da torta de mamona dentro das codificações N ₁ (A), N ₂ (B), N ₃ (C) e N ₄ (D). Desdobramento de níquel dentro da codificação T ₂ (E). Campina Grande, PB, 2012.....	41
Figura 18. Taxa de transpiração em função das doses de torta de mamona, de plantas de mamoneira BRS Energia. Campina Grande, PB, 2012.....	42
Figura 19. Condutância estomática (Gs) de plantas de mamoneira em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012.....	43
Figura 20. Desdobramento da torta de mamona dentro da codificação de níquel 1 (A), níquel dentro da codificação de torta de mamona 1 (B) para a taxa de fotossíntese líquida (A) de plantas de mamoneira. Campina Grande, PB, 2012.....	44
Figura 21. Desdobramento da torta de mamona dentro das doses de níquel: N ₁ (A), N ₂ (B), N ₃ (C) e N ₄ (D). Desdobramento de níquel dentro das doses de torta de mamona: T ₁ (E) e T ₂ (F) da eficiência instantânea do uso da água (A/E). Campina Grande, PB, 2012.....	45
Figura 22. Eficiência instantânea do uso da água (A/E) de plantas de mamoneira em função da torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012.....	46
Figura 23. Desdobramento da torta de mamona dentro de doses de níquel: N ₁ (A) e N ₃ (B). Desdobramento do níquel dentro de doses de torta de mamona: T ₁ (C) e T ₂ (D), da eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci). Campina Grande, PB, 2012.....	47
Figura 24. Eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012.....	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. Aspectos Botânicos e Morfológicos da Mamoneira.....	14
2.2. Importância Econômica da Mamoneira.....	15
2.3. Características da Cultivar.....	16
2.4. Adubação da Mamoneira.....	16
2.5. Torta de Mamona.....	17
2.6. Níquel na Nutrição de Plantas.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1. Localização da Pesquisa.....	20
3.2. Delineamento Experimental.....	20
3.3. Instalação e Condução do Experimento.....	20
3.4. Variáveis Analisadas.....	22
3.4.1. Variáveis relacionadas ao crescimento.....	22
3.4.1.1. Diâmetro do caule (DC).....	22
3.4.1.2. Altura da planta (AP).....	23
3.4.1.3. Área foliar (AF).....	23
3.4.2. Fitomassa seca.....	24
3.4.3. Variáveis fisiológicas.....	25
3.4.3.1. Fluorescência da clorofila 'a'.....	25
3.4.3.2. Índice relativo de clorofila (SPAD).....	26
3.4.3.3. Trocas gasosas: Transpiração (E), Condutância estomática (gs), Fotossíntese líquida (A), Concentração interna de CO ₂ (Ci).....	26
3.5. Análise Estatística.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1. Crescimento da mamoneira.....	28
4.2. Fitomassa.....	31

4.3. Fluorescência da clorofila 'a'.....	34
4.4. Índice relativo de clorofila.....	36
4.5. Trocas gasosas.....	38
5. CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma planta originária de regiões onde ocorrem chuvas tropicais de verão na África, pertence à família Euforbiácea, e é cultivada, atualmente, em diversos países do mundo, destacando-se a Índia, a China e o Brasil como os maiores produtores mundiais. No Brasil, o Nordeste é a principal região produtora, com destaque para os estados da Bahia e Ceará, nos quais se localizam as maiores áreas cultivadas; além de sua boa adaptabilidade, a mamona adquiriu relativa tolerância à seca (BELTRÃO et al., 2003; MARINHO et al., 2010).

A mamona tem, como principal produto, o óleo de ricino, trata-se de uma matéria-prima relevante para a indústria química, com larga utilização na composição de inúmeros produtos industriais como: tintas, vernizes, cosméticos, fluidos hidráulicos, plásticos e outros. Com despertar para energias renováveis, como o biodiesel, o óleo de ricino começou a ser visto nas últimas décadas, como meio produtivo para obtenção de energia renovável. Segundo Costa et al. (2010) a mamoneira possui bastante representatividade nos cenários econômico e social, visto que de suas sementes é extraído o óleo, principal produto utilizado na fabricação do biodiesel.

O aumento pela demanda da mamona, gerado pela implementação do programa de biodiesel do governo federal, tende a fomentar a cultura em regiões não-tradicionais de cultivo, como o centro-oeste brasileiro, que irá concorrer com o nordeste na produção nacional e em preço. Com o aumento da concorrência a atividade terá que ser tecnificada para tornar-se sustentável e ter potencial para aumentar rapidamente sua participação neste mercado, pois dispõe de áreas aptas e de tecnologia de cultivo. A crescente demanda pelo óleo de mamona exige melhor nível tecnológico empregado nas lavouras, com uso de insumos industriais, sistemas de preparo do solo, plantio, colheita e uso de sementes melhoradas, com pureza, germinação e vigor satisfatório (QUEIROZ et al., 2005).

A adubação é uma prática agrícola muito utilizada visando à melhoria das culturas, atuando no fornecimento de nutrientes e melhorando as propriedades químicas e físicas do solo, na retenção de cátions (SEVERINO; MILANI; BELTRÃO, 2006).

A torta é o principal subproduto da cadeia produtiva da mamona, produzida a partir da extração do óleo das sementes desta oleaginosa. No mundo, seu uso tem sido predominantemente como adubo orgânico (AZEVEDO; LIMA, 2001). Na Índia, principal país produtor do mundo, cerca de 85% da torta são utilizados como fertilizante orgânico

(KONNUR; SUBARÃO, 2004). A torta de mamona, além de apresentar quantidades significativas de N, P e K, favorece a melhoria das propriedades físicas e químicas do solo atuando no aumento da capacidade de armazenamento de água, aeração, elevação do pH pela redução da acidez do solo e outros (SEVERINO; MILANI; BELTRÃO, 2006). De acordo com Lima et al. (2008a) o uso da torta de mamona para o crescimento das plantas deve ser criteriosamente balanceado visto que se trata de uma fonte de matéria orgânica rica em nitrogênio, capaz de provocar danos irreversíveis e inviabilizar sua prática (ZUCHI et al., 2007).

O níquel (Ni) é o elemento mais recentemente identificado como essencial para as plantas superiores (BROWN; WELSH; CARY, 1987); ocorre nos solos, em várias formas: na solução do solo, trocável e não trocável, em minerais, e associado à matéria orgânica, por fazer parte da metaloenzima uréase, a qual participa da decomposição da ureia para amônia de CO₂; deste modo, tal elemento é importante para as plantas que recebem adubações com ureia ou seus derivados, exercendo papel essencial no metabolismo de N (DECHEN; NACTTIGALL, 2007). A deficiência de Ni, impedindo a ação da urease, leva ao acúmulo da ureia, o que causa manchas necróticas nas folhas. No mercado nacional é comercializado o sulfato de níquel, sem o embasamento científico para se justificar o uso crescente do produto em adubação foliar.

Devido às poucas informações existentes sobre a cultura da mamona adubada com torta de mamona e níquel objetivou-se, com esta pesquisa, estudar os efeitos da torta de mamona e de níquel no cultivo da mamoneira BRS Energia, em ambiente protegido.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos Botânicos e Morfológicos da Mamona

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) pertence à família Euforbiácea; é uma planta rústica, heliófila, resistente à seca, englobando um vasto número de espécies nativas da região tropical, cultivada comercialmente entre os paralelos 52°N e 40°S e disseminada por diversas regiões do globo terrestre (BELTRÃO et al., 2011). Seu crescimento é indeterminado no sentido da emissão de inflorescências de várias ordens e idades fisiológicas, que traz problemas na produção mecanizada, em especial em cultivares que têm frutos deiscentes, que abrem na maturidade. A haste principal cresce verticalmente sem ramificação, até o surgimento da primeira inflorescência, que tem a denominação depois da fecundação das flores em cacho ou racemo, com número variável de frutos, dependendo da cultivar e do ambiente. O nó no qual o primeiro racemo aparece, é uma importante característica agrônômica, associada à maturidade da planta. O ramo lateral surge, cresce e se desenvolve da axila da última folha, logo abaixo de cada inflorescência (SAVY FILHO, 2005).

O desenvolvimento da planta de mamona depende das condições locais e da variedade utilizada. Em geral, o sistema radicular é vigoroso, do tipo pivotante, profundo, com desenvolvimento de poucas raízes laterais, porém de aspecto robusto, assumindo a forma do sistema radicular dos pequenos arbustos. Há forte emissão de radículas ao longo das raízes conferindo grande área de absorção de umidade e nutrientes no solo, sendo considerada tolerante à seca (SAVY FILHO, 2005).

Segundo Savy Filho (2005) o desenvolvimento das ramificações é um relevante fator de produção uma vez que cada ramo vai formar um racemo de mamona. O número de racemos, de frutos por racemo, o peso da semente, peso de cem sementes e o teor de óleo da semente, são os componentes de produção da planta. O florescimento da mamoneira é chamado, botanicamente, de simpodial, com determinado intervalo entre a emissão das inflorescências primárias e secundárias. Em solos profundos, bem drenados, a planta tem boas condições para desenvolver seu potencial produtivo. O pH deve estar entre 5,5 a 6,5 e bem suprido de nutrientes essenciais; portanto, além de cultivares com alto potencial produtivo, clima e solo são fatores imprescindíveis para a expressão do potencial de produtividade da mamoneira.

A mamona representa um potencial econômico significativo para o país, devido à sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais e às diversas possibilidades de seu principal produto, o óleo ou ricino; extraído pela prensagem das sementes, contém 90% de ácido graxo ricinoleico o que confere, ao óleo, suas características singulares possibilitando ampla gama de utilização industrial (BELTRÃO, 2004).

2.2. Importância Econômica da Mamoneira

No momento atual, o Brasil é o terceiro maior produtor de mamona com produção de aproximadamente 141,3 mil toneladas na safra 2010/11 e produtividade média de 644 t ha⁻¹ (CONAB, 2012). A maior parte dessa produção se concentra na região Nordeste, sendo o estado da Bahia o principal produtor, porém as maiores produtividades em grãos são obtidas nas regiões Sul e Sudeste, nos estados de São Paulo, Paraná e Minas Gerais, respectivamente (CONAB, 2012).

Ressalta-se, que o Nordeste, apesar da irregularidade pluviométrica, é uma região propícia para o cultivo de mamona visto que, atualmente, é a região com maior produção e responsável, portanto, na safra de 2010/2011, por 91,9% da produção nacional, equivalente a 129,7 mil toneladas (CONAB, 2012).

A maioria dos estados nordestinos é produtora de mamona, exceto Sergipe e Maranhão que, embora possuam áreas com aptidão ao cultivo, não registraram plantios comerciais. As regiões produtoras de mamona no Nordeste brasileiro se caracterizam por apresentar capacidade de armazenamento de água no perfil de solo variando de 50 a 120 mm (LIMA et al., 2008a).

A boa expressividade dos preços observada no primeiro período de análise se deve à participação da Petrobras, que entrou no mercado comprando dos produtores da agricultura familiar, ou seja, grande parte da produção da mamona. No segundo período o recuo dos preços pode ser atribuído ao afastamento da dita Sociedade de Economia Mista, principal compradora de mamona “in natura”, vez que seus estoques estavam abastecidos. Se a produção de janeiro de 2011 for comparada a de dezembro de 2010, há de se registrar um crescimento da ordem de 31% permanecendo com tendência de alta, por conta da escassez do produto no mercado (CONAB, 2011).

2.3. Características da Cultivar

A BRS Energia foi desenvolvida pela Embrapa Algodão com participação na validação dos genótipos da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). É uma cultivar precoce, com ciclo médio de 120 dias, cerca de 1,40 m de altura, o racemo mede em torno de 80 cm em média. O lançamento do primeiro cacho ocorre aproximadamente 30 dias após a germinação, podendo ser um período maior em condições de baixas temperaturas e baixa luminosidade. A BRS Energia tem mostrado adaptação a diferentes ecossistemas em que ocorram precipitações pluviais adequadas ao desenvolvimento e crescimento da planta (pelo menos 500 mm), porém com uma produtividade média de 1.800 kg ha⁻¹ em condições de sequeiro; apresenta, em média, 48% de óleo; o peso de 100 sementes pode variar entre 50g e 55g, podendo atingir uma média de 100 frutos por cacho; as folhas são verdes, com nervuras esverdeadas, tamanho médio 45-55 cm, caule verde e possui cera, sementes rajadas com as cores bege e marrom, cacho com formato cônico, frutos imaturos verdes com cera, densidade de acúleos e frutos médios. Os frutos são indeiscentes com produtividade média de 1.800 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (EMBRAPA, 2008).

2.4. Adubação da Mamoneira

As práticas de manejo de adubação, na mamoneira se tornam necessárias para assegurar a produtividade da cultura. De acordo com Severino; Milani e Beltrão (2006) esta espécie é altamente responsiva à adubação; e contudo, a definição de doses de fertilizantes químicos ou orgânicos que proporcionem a máxima eficiência quanto ao crescimento, desenvolvimento e produtividade, ainda é limitada.

A incorporação de matéria orgânica no solo promove mudanças nas características físicas, químicas e biológicas, pois melhora a estrutura do solo, reduz a plasticidade e a coesão aumentando o potencial de retenção de água e a aeração permitindo maior penetração e distribuição das raízes (LIMA et al., 2007). A mamoneira é vista, por alguns estudiosos, como esgotadora de solos, tendo produtividade muito elevada em solos com alta fertilidade natural ou que receberam adubação em quantidade ideal (SEVERINO et al., 2005a). O adubo mineral tem resposta rápida às plantas; já o adubo orgânico possui liberação gradual dos elementos nutricionais (MAIA et al., 2008).

A mamoneira é uma planta exigente em solo com boa fertilidade, profundo e bem drenado. Solos sujeitos ao encharcamento não são indicados para seu cultivo. A calagem é operação básica na implantação da cultura. Em relação à adubação, estudos mostraram que o Nitrogênio (N) e o Potássio (K) foram absorvidos em maiores quantidades seguidos do Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Fósforo (P). A produtividade é influenciada pela adubação haja vista que aumenta a produção de frutos, tanto em peso como em número, número de frutos e sementes por racemo tornando também as sementes maiores e mais pesadas. O P influi decisivamente na produção de frutos e em peso e número de frutos por racemo. Estimula a antecipação da emissão do racemo primário. O K provoca o espessamento dos tecidos conferindo à planta maior resistência às doenças, contribuindo na redução de perda de água em período de seca (SAVY FILHO, 2005).

2.5. Torta de Mamona

A mamona possui diversos subprodutos, um dos quais a torta de mamona, produto altamente proteico gerado em grande quantidade na produção do biodiesel. Na torta são encontradas proteínas nocivas, como o complexo alergênico, aglutininas e a ricina; no entanto, o complexo alergênico não afeta animais, apenas humanos (ANANDAM et al., 2005; BARNES; BALDWIN; BRAASH, 2009; OGUNNIYI, 2006) e as aglutininas são mais facilmente degradadas com o aumento da temperatura do que a ricina. A ricina é uma proteína tóxica, inativadora de ribossomos e, por conseguinte, bloqueadora da síntese proteica, presente no endosperma de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.) constituída por duas cadeias ligadas entre si por uma ponte dissulfeto (LORD; ROBERTS; ROBERTUS, 1994; OLSNES; KOZLOV, 2001).

A torta de mamona possui cerca de 42,5% de proteína bruta, 20% de fibra e 0,78% de fósforo, entre outros componentes de grande importância nutricional (COSTA et al., 2004a). O alto valor proteico encontrado na torta de mamona torna-a atraente como alternativa para o pequeno produtor; além disto, é uma grande fonte de nitrogênio essencial para o desenvolvimento das plantas, porém as proteínas tóxicas presentes na semente têm inviabilizado este uso, tornando-a recomendada apenas como fertilizante orgânico. Em vista disto, a destoxificação, seja por processos químicos, físicos ou químico-físicos, é um processo necessário para viabilização da torta de mamona como ração haja vista que a toxicidade da ricina é bastante alta. Considerando a importância da destoxificação completa da torta de

mamona para a segurança do seu consumo por animais, recomenda-se uma análise rápida quanto à presença de ricina que ateste a toxicidade da torta a cada processo de destoxificação visto que o procedimento pode não ter sido satisfatoriamente realizado e quantidades mínimas da proteína são suficientes para conduzir animais a óbito.

Segundo Severino; Milani e Beltrão (2006) a torta de mamona, além de apresentar quantidades expressivas de N, P e K, beneficia o avanço das características físicas e químicas do solo operando no acréscimo da capacidade de armazenamento de água, aeração, elevação do pH pela redução da acidez do solo e outros.

O uso da torta de mamona para o crescimento de plantas deve ser criteriosamente balanceado (LIMA et al., 2008a) visto que se trata de uma fonte de matéria orgânica rica em nitrogênio capaz de gerar danos irreversíveis e inviabilizar sua prática (ZUCHI et al., 2007).

2.6. Níquel na Nutrição das Plantas

O Níquel é um elemento que pode afetar o crescimento e o desenvolvimento das plantas (MARSCHNER, 1995), tanto que Brown; Welsh e Cary (1987) propuseram considerá-lo essencial. Dentre os aspectos positivos do Níquel para a planta se destacam a participação na estrutura e no funcionamento da enzima urease (BROWN; WELSH; CARY, 1987), a influência no complexo enzimático hidrogenase, que aumenta a eficiência da fixação de nitrogênio por leguminosas (KLUCAS et al., 1983) e a participação na síntese de fitoalexinas, que melhoram a resistência das plantas às doenças (WALKER et al., 1985) e na fotossíntese. No entanto, quando em níveis elevados provoca diversos distúrbios nas plantas. O Níquel tem relação também com a fixação simbiótica do N visto que aumenta a atividade da hidrogenase em bacterioides isolados dos nódulos (KLUCAS et al., 1983).

O Níquel, último elemento considerado essencial às plantas, faz parte da enzima urease denotando toda a sua importância ao meio agrícola; esta participação desperta interesse em elucidar sua relação com o metabolismo do Nitrogênio.

Ureta et al. (2005) relatam que os baixos teores de Níquel nos solos agrícolas podem limitar a atividade da hidrogenase de *Rhizobium leguminosarum*, assim como interferência na colonização de fungos micorrízicos e arbusculares. Por outro lado, também a deficiência de Níquel, ao impedir a ação da urease e provocar o acúmulo de ureia nos tecidos foliares, ocasionando necroses (JORGENSEN; FAY; JONES, 1996). O aumento do teor de NH_3 tende a estimular o florescimento; assim, Malavolta et al. (2006) verificaram que dentre os

micronutrientes o Níquel ocorreu em maior quantidade nas flores de laranjeira denotando a possibilidade de aumento do número de flores, pegamento e produção. A partir do artigo de Brown; Welsh e Cary (1987) o Níquel passou a ser tido como elemento essencial e na publicação de Marschner (1995) fora incluído como micronutriente de plantas, tal como reportado por Taiz e Zeiger (2004). Desta forma, a economia de N pelas plantas é altamente dependente da hidrólise da ureia, a qual é prejudicada em condições de deficiência de Níquel ocasionando redução no metabolismo do N e acúmulo de ureia (BAI; REILLY; WOOD, 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da Pesquisa

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNP/Embrapa), localizado no município de Campina Grande, PB, nas coordenadas geográficas 7°15'18" de latitude Sul, 35°52'28" de longitude Oeste do meridiano de Greenwich e altitude de 550 m.

3.2. Delineamento Experimental

Os tratamentos foram constituídos de quatro doses de Níquel (0,0; 4,0; 8,0; 12 ml da solução na concentração de 50 mg L⁻¹) usando-se como fonte, o sulfato de níquel (Ni(NO₃)₂.6H₂O) e quatro doses de torta de mamona (0,0; 15,08; 22,62; 30,16 g vaso⁻¹ que equivalem a 0,0; 1,0; 2,0 e 3,0 t ha⁻¹) em um esquema fatorial 4 x 4 dispostos no delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições totalizando, assim, 16 tratamentos e 64 unidades experimentais.

3.3. Instalação e Condução do Experimento

No estudo cada unidade experimental foi representada por um vaso com capacidade de 30L, pintado de cor uniforme (prata), posto sobre o chão, em fileiras espaçadas 1,5 m e 1,0 m entre vasos por fileira. O solo utilizado na pesquisa é classificado como Neossolo Rególito Eutrófico de textura franco-arenosa; o mesmo foi proveniente do município de Lagoa Seca e suas características físicas e químicas estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2. Realizou-se a adubação de fundação com as doses de torta de mamona referentes aos tratamentos ficando encubada durante 30 dias antes da semeadura.

Tabela 1: Análise física do solo da área experimental, Campina Grande, 2012

Características Físicas	Profundidade (0-20 cm)
Granulométrica (%)	
Areia	81,70
Silte	9,41
Argila	8,89
Classificação textural	Franco-arenoso
Densidade (g/cm ³)	
Solo	2,39
Partículas	1,44
Porosidade total (%)	46,47
Umidade (%)	
Natural	0,55
0,10 atm	-
0,33 atm	8,30
1,00 atm	-
5,00 atm	-
10,0 atm	-
15,0 atm	4,25
Água disponível (% de peso)	4,05

Fonte: Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG

Tabela 2: Análise química do solo da área experimental, Campina Grande, 2012

Características químicas	Unidade	Profundidade (0-20 cm)
Cálcio (Ca ⁺²)	(meq/100g de solo)	3,51
Magnésio (Mg ⁺²)	(meq/100g de solo)	1,70
Sódio (Na ⁺)	(meq/100g de solo)	0,06
Potássio (K ⁺)	(meq/100g de solo)	0,63
Soma de Bases	(meq/100g de solo)	5,90
Hidrogênio (H)	(meq/100g de solo)	0,92
Alumínio (Al)	(meq/100g de solo)	0,00
T (CTC)	(meq/100g de solo)	6,82
Carbonato de Cálcio Qualitativo		Ausência
Carbono Orgânico C.O.	(%)	0,73
Matéria Orgânica M.O.	(%)	1,26
Nitrogênio (N)	(%)	0,07
Fósforo Assimilável	(mg/ 100g)	2,37
pH H ₂ O (1:2,5)		6,80
pH KCl (1:2,5)		5,64
Cond. Elétrica (Suspensão Solo- Água)	(mmhos/cm)	0,16

Fonte: Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG

A torta de mamona utilizada na adubação da mamoneira proveio da Embrapa Algodão; na Tabela 3 pode-se observar o resumo da análise de torta de mamona realizada no

Laboratório de Análises Químicas, pertencente à Embrapa Algodão (COSTA et al., 2004b), referentes ao nitrogênio (n), fósforo (p) e potássio (k).

Tabela 3: Principais macronutrientes da torta de mamona: nitrogênio (n), fósforo (p) e potássio (k), Campina Grande, 2012

Amostra	% N	% P	% K
Torta de Mamona	4,40	3,00	0,99

Fonte: Laboratório de Análises Químicas, Embrapa Algodão

A semeadura foi realizada manualmente, em 16 de janeiro de 2012, utilizando-se sementes da cv. BRS Energia, tratadas com fungicida, fornecidas pela própria Embrapa Algodão; foram semeadas quatro sementes por vaso e, após 15 (DAS) de emergência, realizou-se desbaste das plântulas deixando-se apenas uma planta por unidade experimental. No preparo das doses de níquel foram pesados 50 mg de sulfato de níquel dissolvidos em 2 L de água; em seguida realizaram-se duas aplicações das respectivas doses, no intervalo de 30 dias, via foliar. Na aplicação isolava-se a planta com um filme plástico para não interferir nos demais tratamentos.

As irrigações foram realizadas diariamente, em quantidades iguais para todas as plantas, através de um recipiente plástico graduado em mL, de acordo com as necessidades hídricas da cultura próximo à capacidade de campo.

3.4. Variáveis Analisadas

3.4.1. Variáveis relacionadas ao crescimento

3.4.1.1. Diâmetro do caule (DC)

O diâmetro caulinar foi medido com o auxílio de um paquímetro analógico graduado em milímetro, no colo da planta, a 2 cm de altura (Figura 1).



Foto: Rosinaldo de Sousa Ferreira

Figura 1: Aferição do diâmetro do caule (mm) de plantas de mamoneira, Campina Grande, PB, 2012

3.4.1.2. Altura da planta (AP)

A altura das plantas foi mensurada a partir do colo até a extremidade final da planta utilizando-se uma régua graduada em centímetro (Figura 2).



Foto: Rosinaldo de Sousa Ferreira

Figura 2: Medição da altura da planta (cm) de plantas de mamoneira, Campina Grande, PB, 2012

3.4.1.3. Área foliar (AF)

A área foliar foi determinada com auxílio de uma régua graduada em centímetro (Figura 3), em todas as folhas por planta; seguindo-se da contagem do número total de folhas de cada planta, calculando-se a área foliar/folha através da equação 01 (SEVERINO et al.,

2005b). A área foliar média das folhas calculadas pela referida equação, foi multiplicada pelo número total de folhas da planta para se determinar a área foliar média total por planta.

$$S = 0,2439 \times (C + L)^{2,0898} \quad (1)$$

Em que:

S = representa a área foliar ($\text{cm}^2 \cdot \text{planta}^{-1}$);

C = comprimento longitudinal da folha (cm);

L = comprimento em largura da folha (cm).

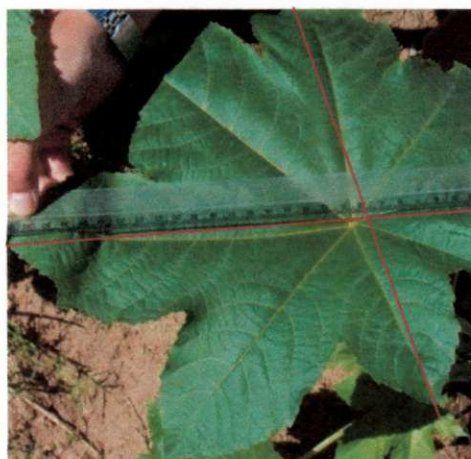


Foto: Alexson Filgueiras Dutra

Figura 3: Aferição da área foliar (cm^2) de plantas de mamoneira BRS Energia, Campina Grande, PB, 2012

3.4.2. Fitomassa

Em relação à fitomassa foram quantificadas no final do ciclo da cultura, quando foram retiradas e separadas das plantas: as folhas, caules e raízes, e em seguida, foram colocadas em estufa de circulação de ar forçado a 65°C , durante 72 horas até massa constante; após a secagem as amostras foram pesadas em balança de precisão (Figura 4 A e B). Determinou-se a fitomassa da folha, caule e raiz ($\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$) de plantas de mamona.

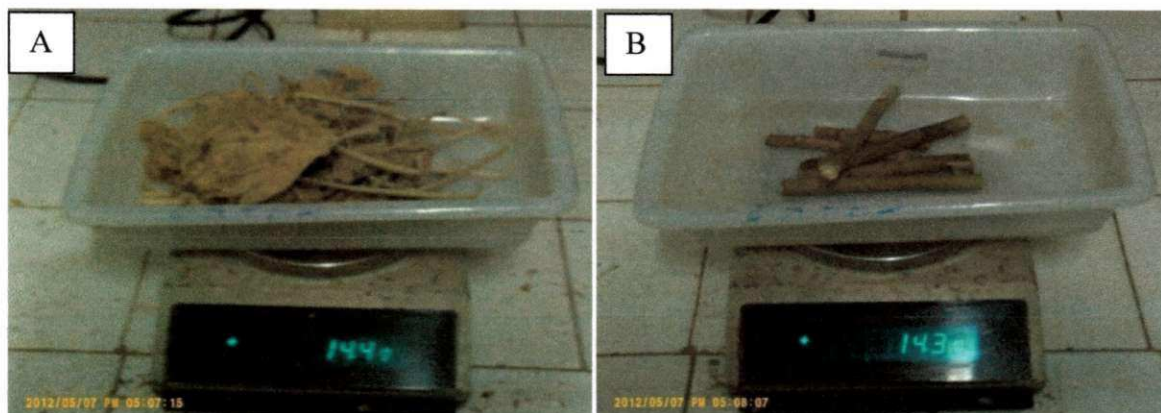


Foto: Rosinaldo de Sousa Ferreira

Figura 4: Pesagem da fitomassa das folhas (A) e do caule (B) de plantas de mamona BRS Energia, Campina Grande, PB, 2012

3.4.3. Variáveis fisiológicas

3.4.3.1. Fluorescência da clorofila 'a'

Realizou-se, aos 60 (DAS) após o início da aplicação das doses de torta de mamona, foi realizada a avaliação da eficiência quântica do fotossistema II (relação F_v/F_m) (SCHOLLES; HORTON, 1993); nas medições utilizou-se o Fluorômetro PEA II – Plant Efficiency Analyser (Hansatech Instruments Co. UK) (Figura 5) e as leituras foram realizadas no intervalo entre 9 as 10 horas da manhã na terceira folha, de cima para baixo do caule de cada repetição; previamente, a folha foi submetida ao escuro durante 30 minutos, mediante o uso de ‘clips’. (DURÃES et al., 2000)

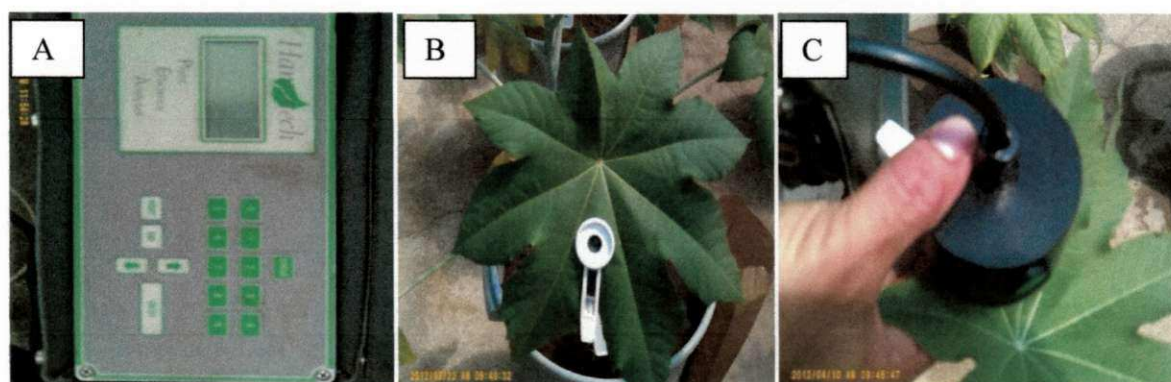


Foto: Rosinaldo de Sousa Ferreira

Figura 5: Fluorômetro PEA II (A); presilha de leitura do fluorômetro (B); leitura das folhas de mamoneira (C), Campina Grande, PB, 2012

3.4.3.2. Índice relativo de clorofila (SPAD)

O índice relativo de clorofila (IRC) foi avaliado em folhas totalmente expandidas do terço superior da planta, em três pontos distintos de cada folha obtendo-se a média por planta e se utilizando o aparelho portátil SPAD (“Soil plant analysis development”, Minolta SPAD 502 Osaka, Japan) (Figura 6).



Foto: Rosinaldo de Sousa Ferreira

Figura 6: Leitura do índice relativo de clorofila (SPAD), em folhas de mamoneira, Campina Grande, PB, 2012

3.4.3.3. Trocas gasosas: Taxa de Transpiração (E), Condutância Estomática (g_s), Taxa de Fotossíntese Líquida (A), Concentração Interna de Carbono CO_2 (C_i)

A taxa transpiratória ' E ' ($mmol.m^{-2}.s^{-1}$), a condutância estomática ' g_s ' ($mol.m^{-2} s^{-1}$), a taxa de fotossíntese líquida ' A ' ($\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$) e a concentração interna de carbono CO_2 ' C_i ', foram determinadas por meio de um analisador de gás infravermelho (IRGA) portátil, modelo LCPro + (ADC, UK) de acordo com a metodologia descrita por Marengo; Gonçalves e Vieira (2001) e Santos Júnior et al. (2002). As mensurações foram realizadas aos 60 (DAS) e as leituras realizadas das 8:00 às 9:00 horas da manhã, na terceira folha de todas as repetições (Figura 7).



Figura 7: Avaliação de trocas gasosas utilizando-se o IRGA, na mamona, Campina Grande, PB, 2012

3.5. Análise Estatística

Os dados obtidos no estudo foram submetidos à análise de variância pelo teste F; até 5% de significância os respectivos modelos de regressão foram ajustados de acordo com o coeficiente de determinação, até 5% de significância (STORCK et al., 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Crescimento da mamoneira

De acordo com os resultados da análise de variância observa-se, na Tabela 4, que houve efeito significativo das concentrações de torta de mamona para as variáveis de crescimento: diâmetro do caule, altura da planta e área foliar a 1 % e 5 % de significância; por outro lado, não se observou efeito significativo das doses de níquel nem da interação (T x N) para as mesmas variáveis.

Tabela 4: Resumo das análises de variância do crescimento de plantas de mamoneira BRS Energia em função de torta de mamona e doses de níquel. Campina Grande, PB, 2012

F.V	G.L	QUADRADOS MÉDIOS		
		DC	AP	AF
Torta (T)	3	34,993490**	468,698073**	18151404,544302**
Níquel (N)	3	1,444323 ^{ns}	17,353073 ^{ns}	1019212,34064 ^{ns}
Interação (TxN)	9	2,888212 ^{ns}	36,635434 ^{ns}	754093,527185 ^{ns}
Resíduo	48	2,647552	84,080260	729701,141935
C.V. (%)		11,88	21,41	19,36
Fatores envolvidos		mm	cm	cm ²
Torta de Mamona (t ha ⁻¹)				
0,0		11,525000	34,781250	2816,360000
1,0		14,375000	44,931250	4935,568125
2,0		14,800000	46,531250	5005,326875
3,0		14,106250	45,062500	4892,793125
Doses de Níquel (mL)				
0,0		13,618750	43,262500	4418,625625
4,0		13,962500	42,881250	4650,238750
8,0		13,912500	43,793750	4519,238750
12,0		13,312500	41,368750	4061,657500

OBS: ** e * significados a níveis de 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. DC=diâmetro do caule, AP=altura de planta, AF=área foliar, F.V.=fonte de variação, GL=grau de liberdade e C.V.= coeficiente de variação

O diâmetro do caule (DC) de mamona BRS Energia aumentou em função das doses de torta de mamona aplicadas, ajustando-se à equação de regressão quadrática ($R^2 = 0,98$), de forma que o DC das plantas atingiu o resultado máximo observado, de 14,80 (mm) em resposta ao aumento nas doses da torta sendo a dose máxima estimada de 1,97 t ha⁻¹ (Figura

8), corroborando com os resultados alcançados por Costa et al. (2009) os quais verificaram que as doses de torta de mamona influenciaram positivamente o diâmetro do caule de plantas de mamoneira. Resultados semelhantes foram verificados por Guimarães; Beltrão e Costa (2007), ao constatarem que o diâmetro do caule do pinhão-manso adubado com a torta de mamona apresentou aumento significativo e por Santos (2009) que estudando cinco doses (1, 2, 3 4 e 5 t ha⁻¹) de torta de mamona em gergelim, constatou que o aumento da dose da torta de mamona promoveu aumento no diâmetro caulinar das plantas, além de promover a máxima eficiência técnica com 3,5 t ha⁻¹ a partir da qual, se manteve constante indicando a existência de um limite ao qual as culturas respondem quanto ao aumento da dose de adubação.

As plantas submetidas às doses de níquel não foram influenciadas significativamente apresentando valores máximos observados entre 13,31 a 13,96 mm (Tabela 4). Estudando a influência de doses de níquel sobre o crescimento de mudas de aroeira, Paiva et al. (2001) não verificaram efeitos significativos sobre o diâmetro do caule das plantas de aroeira independentemente da dose de níquel utilizada.

Comparando os máximos valores observados para a torta de mamona com o níquel, verificou-se diferença percentual de 6,01%; Esses resultados corroboram com Oliveira Filho et al. (2010) que, estudando o crescimento de cultivares de mamoneira sob doses de torta de mamona, constataram efeitos positivos das doses de torta sob a cultivar BRS Energia, e ainda verificaram um acréscimo em relação ao tratamento sem adubação sendo os valores máximos superiores quando comparados com as plantas submetidas à adubação mineral. Lima et al. (2008a) também constataram um aumento significativo no DC, de forma proporcional à dose fornecida, em plantas de mamona da linhagem CSRN.

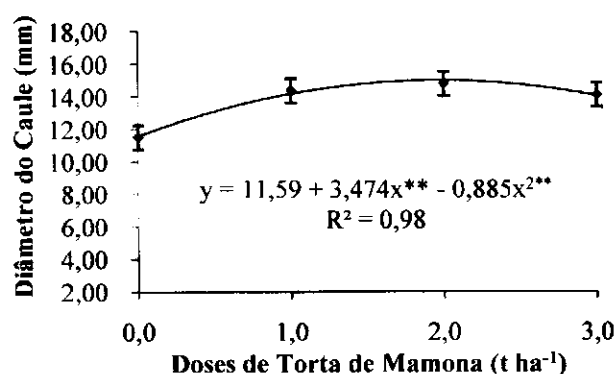


Figura 8: Diâmetro do caule da planta de mamoneira (DC) em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB , 2012

O comportamento do crescimento de plantas em altura com relação à torta de mamona foi quadrático; os valores para altura da planta foram reduzidos com o aumento da dose de torta. Percebe-se um aumento no crescimento até a dose máxima estimada de 2,05 (t ha⁻¹), com coeficiente de determinação de 0,98 (Figura 9). Em concordância, Nascimento et al. (2008) constataram, estudando o efeito de doses crescentes de torta de mamona, que as doses de torta de mamona influenciaram significativamente a altura de planta a 1 % de probabilidade, e obtiveram valores máximos na dose estimada de 3,9 % de torta.

Por outro lado, o níquel não influenciou esta mesma variável; comparando os valores obtidos com o uso da torta de mamona com a aplicação do níquel, valores superiores foram observados para a torta nas maiores doses. Considerando as maiores alturas com torta de mamona em relação ao níquel, com percentuais entre as fontes de adubação na ordem de 6,25 %. Rigon et al. (2011) averiguaram efeitos significativos das doses de níquel aplicadas aos 60 (DAS) na cultura do algodão e verificaram maior altura de planta na presença de níquel na adubação discordando, assim, dos dados obtidos neste estudo.

Com base nos resultados verifica-se que a torta de mamona exerceu maior influência do que as doses de níquel sobre a referida variável analisada. De acordo com Hoffmann et al. (2001) esta maior influência da torta de mamona foi decorrência, provavelmente, não só do aumento da fertilidade, uma vez que sua aplicação ao solo proporcionou maior adição de nutrientes, como por exemplo, nitrogênio e potássio, mas também da melhoria nas propriedades físicas do solo, principalmente no que diz respeito ao aumento da retenção de água.

Oliveira Filho et al. (2010) obtiveram resposta linear crescente ao aumento das doses de torta de mamona, com altura média de 133,8 cm, valor este superior ao obtido neste estudo (46,53 cm) na dose de 2,05 (t ha⁻¹) diferindo dos resultados desta pesquisa.

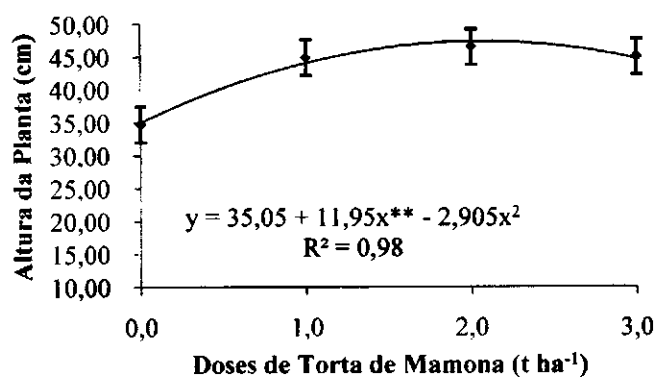


Figura 9: Altura da planta de mamoneira (AP) em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012

Observa-se que a área foliar da cv. BRS Energia teve um aumento significativo a 1% em função das doses de torta de mamona, porém as doses de níquel não apresentaram efeito significativo para esta variável. O comportamento da área foliar em relação às doses de torta de mamona se ajustou ao modelo de regressão quadrático (Figura 10). Constatou-se que os valores máximos foram proporcionados na dose máxima estimada de 2,56 (t ha⁻¹) a partir da qual se observou uma redução de 2,29 %, com um coeficiente de determinação de 0,94.

Para a área foliar nota-se que a torta de mamona proporcionou as maiores médias em relação às plantas adubadas com níquel, em uma porcentagem da ordem de 7,63 %. Em concordância, Lima et al. (2008b) averiguaram que a torta de mamona transpareceu sobre a área foliar de mamoneira a 1 % de probabilidade; os autores ainda constataram que a torta promoveu um aumento na área foliar de 342,45 para 1.024,85 cm², dados esses inferiores aos verificados nesta pesquisa, o qual obteve um aumento de 2816,36 para 5005,328 cm²; entretanto, Oliveira et al. (2010) obtiveram, em estudo com torta de mamona, área foliar máxima da mamoneira 'BRS Nordestina' de 7.429,32 cm² e mínima de 2.923,49 cm², valores superiores aos encontrados neste estudo.

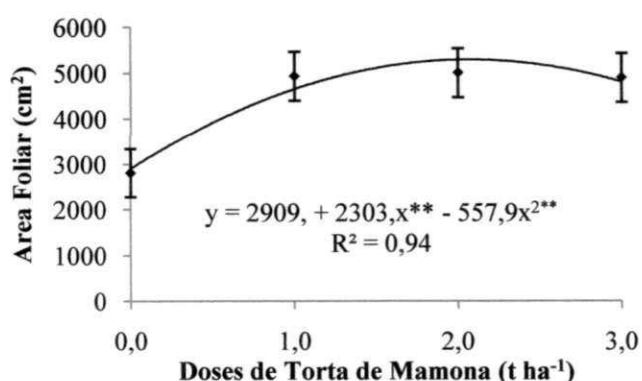


Figura 10: Área foliar da planta de mamoneira (AF) em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012

4.2. Fitomassa

De acordo com a análise estatística apresentada na Tabela 5, as doses de torta de mamona influenciaram a fitomassa das folhas, caule e raiz, a 1 % de probabilidade. Por sua vez, as doses de níquel afetaram significativamente a fitomassa das folhas; no entanto, não influenciaram a fitomassa do caule nem a raiz. Verificou-se também que a interação não apresentou significância estatística indicando que as doses de torta se comportaram de maneira semelhante dentro das doses de níquel e vice-versa.

Tabela 5: Resumo das análises de variância da fitomassa seca de plantas de mamoneira BRS Energia em função de torta de mamona e doses de níquel. Campina Grande, PB, 2012

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		FSF	FSC	FSR
Torta (T)	3	71.295139**	27.766875**	70.751823**
Níquel (N)	3	10.495264*	4.156042 ^{ns}	1.440990 ^{ns}
Interação (TxN)	9	2.017042 ^{ns}	2.611181 ^{ns}	3.546684 ^{ns}
Resíduo	48	3.360556	5.028021	3.855365
C.V. (%)		14,41	26,41	20,76
Fatores envolvidos		g.planta ⁻¹	g.planta ⁻¹	g.planta ⁻¹
Torta de Mamona (t ha ⁻¹)				
0,0		9,643750	6,562500	6,331250
1,0		13,150000	8,756250	10,156250
2,0		13,720625	9,456250	10,506250
3,0		14,368750	9,187500	10,837500
Doses de Níquel (mL)				
0,0		12,131250	8,256250	9,156250
4,0		13,914375	9,175000	9,768750
8,0		12,500000	7,987500	9,250000
12,0		12,337500	8,543750	9,656250

OBS: ** e * significados a níveis de 1 e 5 de probabilidade pelo teste F, respectivamente. FSF=fitomassa da folha, FSC=fitomassa do caule, FSR=fitomassa da raiz, F.V.=fonte de variação, GL=grau de liberdade e C.V.= coeficiente de variação

Constatou-se aumento linear de ganho de fitomassa das folhas (FSF) das plantas de mamona, proporcional às doses de torta aplicada (Figura 11 A). A FSF máxima foi encontrada na dose de 3,0 (t ha⁻¹) o que representou incrementos de 48,96 %; 9,20 % e 4,66 %, cujos resultados são semelhantes aos verificados por Costa et al. (2012), ao averiguarem significância a 1 % de probabilidade para a fitomassa das folhas de mamona, em função da torta de mamona, e por Lima et al. (2008a), que constataram que a torta de mamona provocou efeito linear a 1 % de significância com aumento em massa seca nas plantas de mamoneira.

Ao analisar o efeito das doses de níquel sobre a FSF (Figura 11 B), percebeu-se que o maior resultado foi na dose máxima estimada de 5,75 (mL), com coeficiente de determinação 0,49. Os valores médios observados variaram entre 12,131 a 13,914 (g.planta⁻¹); esses resultados foram intermediários aos encontrados em plantas adubadas com torta de mamona (9,64 a 14,36 g.planta⁻¹). Segundo Gupta (2001) apesar de os mecanismos de sua fitotoxicidade ainda serem pouco estudados, sabe-se que altos teores de Ni nos tecidos vegetais inibem a fotossíntese e a respiração; os sintomas de efeitos tóxicos se relacionam a lesões nos tecidos,

retardamento de crescimento, cloroses e outros sintomas específicos para espécies vegetais. Os dados deste estudo estão em consentimento com os verificados por Neves et al. (2007) os quais observaram resposta positiva das mudas de umbuzeiro, e ainda verificaram que as maiores doses de níquel acumularam menos matéria seca atingindo uma produção máxima de 24,81 (g.planta⁻¹).

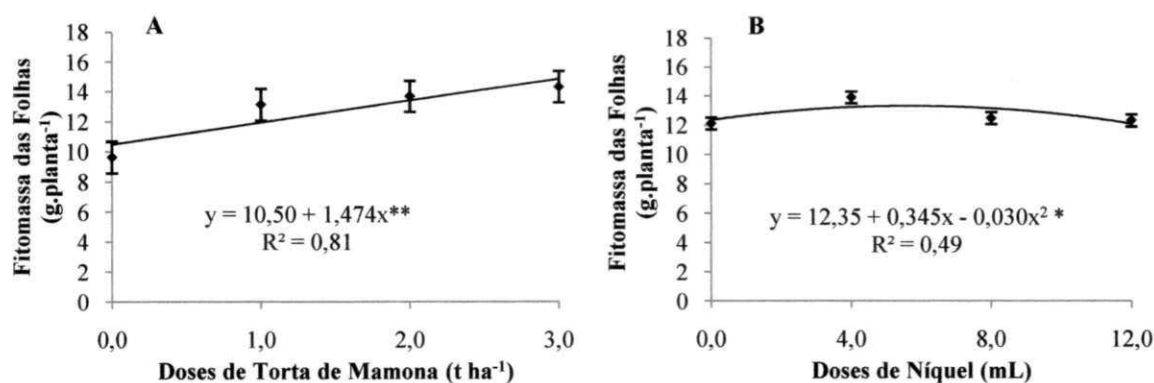


Figura 11: Fitomassa das folhas de planta de mamoneira (FSF) em função de doses de torta de mamona (A) e doses de níquel (B). Campina Grande, PB, 2012

Para a fitomassa do caule (FSC) as máximas produções de matéria seca foram propiciadas pela dose de 1,9 (t ha⁻¹), ajustando-se ao modelo quadrático com coeficiente de determinação de 0,99 (Figura 12). Por outro lado, o níquel não afetou positivamente as plantas de mamona BRS Energia; em comparação com os máximos resultados da torta de mamona com o níquel, ocorreu uma diferença percentual de 3,05 %. Sabe-se que a torta de mamona é rica em nitrogênio e, além de promover melhorias nas propriedades do solo, favorece o desenvolvimento das plantas. Silva et al. (2012) observaram que o ganho de fitomassa das plantas de mamona foi proporcional às doses de torta aplicada e que os modelos que mais se ajustaram foi o quadrático, confirmando os dados encontrados neste estudo.

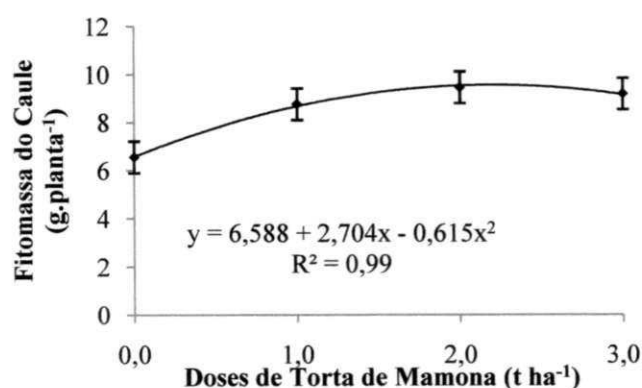


Figura 12: Fitomassa do caule de planta de mamoneira (FSC) em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012

Os efeitos da torta de mamona sobre a fitomassa da raiz (FSR) estão dispostos na Figura 13, percebe-se que as doses crescentes de torta promoveram um acúmulo maior de FSR, com médias variando entre 6,33 a 10,83 g.planta⁻¹, atingindo incremento de 71, 09%; 6,70% e 3,15 %, da menor para a maior dose aplicada, respectivamente. Com relação às doses de níquel não foi observado, para esta variável, efeito significativo. Silva et al. (2010) explanaram, em seus estudos que as plantas adubadas com torta de mamona obtiveram maior relevância quando comparadas com outras fontes de adubação corroborando, então com os dados desta pesquisa.

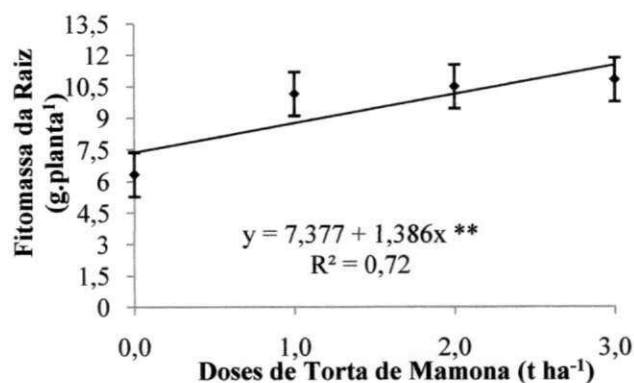


Figura 13: Fitomassa da raiz de planta de mamoneira (FSR) em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012

4.3. Fluorescência da clorofila 'a'

Com relação às características da fluorescência da clorofila 'a' observa-se, na Tabela 6, que a torta de mamona influenciou apenas a eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), a 5 % de probabilidade porém para as variáveis fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm) e fluorescência variável (Fv) não foram verificados efeitos positivos da torta de mamona; contudo, o níquel e a interação (T x N) não alteraram essas mesmas variáveis.

Tabela 6: Resumo das análises de variância da fluorescência da clorofila 'a' de plantas de mamoneira BRS Energia em função de torta de mamona e doses de níquel. Campina Grande, PB, 2012

QUADRADOS MÉDIOS					
FV	GL	Fo	Fm	Fv	Fv/Fm
Torta (T)	3	1765.307292 ^{ns}	41654.182292 ^{ns}	43671.515625 ^{ns}	0.000694*
Níquel (N)	3	3303.932292 ^{ns}	19868.932292 ^{ns}	21289.807292 ^{ns}	0.000273 ^{ns}
Interação (TxN)	9	1664.015625 ^{ns}	10287.612847 ^{ns}	8749.848958 ^{ns}	0.000138 ^{ns}
Resíduo	48	2098.671875	21345.567708	17162.765625	0.000250
C.V. (%)		12,40	7,46	8,26	1,95
Fatores envolvidos					
Torta de Mamona (t ha ⁻¹)					
0,0		382,250000	1896,187500	1519,437500	0,799375
1,0		382,750000	1999,187500	1626,750000	0,810625
2,0		373,125000	2002,062500	1628,937500	0,813750
3,0		362,187500	1939,312500	1570,062500	0,812500
Doses de Níquel (mL)					
0,0		372,437500	1920,062500	1547,625000	0,804375
4,0		348,187500	1971,687500	1612,000000	0,814375
8,0		377,937500	1943,437500	1563,187500	0,808125
12,0		378,750000	2001,500000	1622,375000	0,809375

OBS: ** e * significados a níveis de 1 e 5 de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Fo=fluorescência inicial, Fm=fluorescência máxima. Fv=fluorescência variável, Fv/Fm=eficiência quântica do fotossistema II, F.V.=fonte de variação, GL=grau de liberdade e C.V.= coeficiente de variação

Os dados obtidos para eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) se ajustaram ao modelo quadrático ($R^2 = 0,94$) ocorrendo uma redução da eficiência da captura da energia luminosa; a máxima eficiência quântica do fotossistema II estimada de 0,817, foi obtida na dose máxima estimada de torta de mamona de 2,5 t ha⁻¹ (Figura 14). Segundo Silva et al. (2007) plantas que estão com aparelho fotossintético intacto apresentam valores médios da relação Fv/Fm variando de 0,75 a 0,85 enquanto, reduções desses valores refletem danos fotoxidativos causados por fotoinibição no centro de reação do fotossistema II (PSII). As medições da eficiência fotoquímica do fotossistema II, estimadas através da relação entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima da clorofila 'a' (Fv/Fm) se relacionam com a eficiência quântica da atividade fotoquímica do PSII quando todos os centros de reação estão abertos (CORREIA et al., 2009). De acordo com Azevedo Neto et al. (2011) quando as plantas são expostas à luz os centros de reação do PSII são progressivamente reduzidos,

ocorrendo um aumento da fluorescência da clorofila; em seguida, a fluorescência decai em um fenômeno chamado extinção da fluorescência (“quenching”).

Por sua vez, a torta de mamona possui concentrações significativas de nitrogênio; esta concentração tem relação direta com a eficiência fotossintética. Segundo Larcher (2000) isto se deve ao fato das clorofilas absorverem quantidades de luz e serem responsáveis pela conversão desta energia luminosa à química, sendo mediada por fotorreceptores específicos. De acordo com Smeal e Zhang (1994) e Larcher (2000) o processo ocorre devido ao metabolismo dos cloroplastos decorrerem da incorporação deste elemento nas folhas pela dependência de enzimas, formadas basicamente de proteínas verificando-se, deste modo, uma interdependência com o nitrogênio.

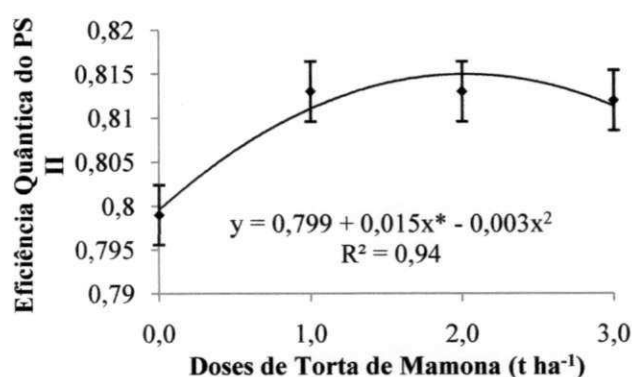


Figura 14: Eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012

4.4. Índice Relativo de Clorofila

Com os resultados da análise estatística (Tabela 7) os dados demonstram efeitos significativos da torta de mamona sobre o índice relativo de clorofila, de plantas de mamoneira BRS Energia a 5 % de significância, não sendo verificada influência do níquel nem da interação sobre a referida variável.

Tabela 7: Resumo das análises de variância do índice relativo de clorofila de plantas de mamoneira BRS Energia em função de torta de mamona e doses de níquel. Campina Grande, PB, 2012

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS
		Índice relativo de clorofila
Torta (T)	3	72.265573**
Níquel (N)	3	15.655156 ^{ns}
Interação (TxN)	9	9.702934 ^{ns}
Resíduo	48	14.268906
C.V. (%)		7,24
Fatores envolvidos		
Torta de Mamona (t ha ⁻¹)		
0,0		48,987500
1,0		52,475000
2,0		53,368750
3,0		53,737500
Doses de Níquel (mL)		
0,0		52,631250
4,0		51,481250
8,0		51,168750
12,0		53,287500

OBS: ** e * significados a níveis de 1 e 5 de probabilidade pelo teste F, respectivamente. F.V.=fonte de variação, GL=grau de liberdade e C.V.= coeficiente de variação

Houve aumento linear do índice de clorofila das folhas de mamoneira em função da aplicação da torta de mamona sendo que a maior dose (3,0 t ha⁻¹) promoveu o valor máximo (53,37) atingindo incrementos de 9,69 %; 2,40 % e 0,69 %, da menor para a maior dose analisada, respectivamente (Figura 15). De acordo com a Tabela 7 observa-se que as doses de níquel não exerceram influência sobre o índice de clorofila e os resultados médios oscilaram de 51,16 a 53,28, mesmo não havendo efeitos, a maior dose (12,0 mL) aplicada propiciou o máximo resultado, valor inferior quando comparado com o das plantas de mamoneira tratadas com torta de mamona, na porcentagem na ordem de 0,84 %. Ferreira et al. (2006) verificaram, estudando o índice de clorofila em folhas de tomateiro, que os valores das leituras feitas no medidor SPAD aumentaram linearmente com as doses de matéria orgânica. Estudando adubação orgânica em plantas de mamoneira, Costa et al. (2011) também constataram um teor maior de clorofila nas maiores doses de torta de mamona aplicadas; tais resultados eram previstos e, podem ser explicados em função da melhoria das características físicas e químicas do solo fornecidas pela torta de mamona.

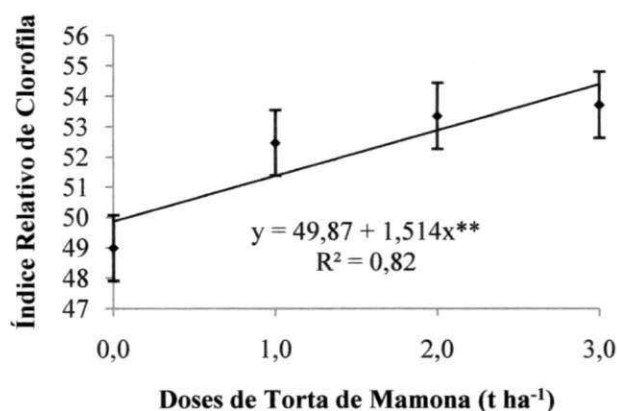


Figura 15: Índice relativo de clorofila em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012

4.5. Trocas gasosas

De acordo com os resultados da análise de variância apresentados na Tabela 8, observaram-se efeitos significativos da torta de mamona nas variáveis de trocas gasosas: concentração interna de CO₂ (C_i), taxa de transpiração (E), condutância estomática (G_s), eficiência instantânea do uso da água (A/E) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) a níveis de 1 e 5 % de significância; por outro lado, para a taxa de fotossíntese líquida (A) não se verificaram efeitos significativos da torta de mamona; entretanto, nas doses de níquel foi averiguada influência positiva do níquel apenas para a concentração interna de CO₂ (C_i) a 1% de probabilidade, para as variáveis taxa de transpiração (E), condutância estomática (G_s), eficiência instantânea do uso da água (A/E) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i); as doses de níquel não exerceram estímulos quando analisadas individualmente. Por sua vez, constatou-se influência da interação de torta de mamona com níquel (T x N) sobre a taxa de transpiração (E), taxa de fotossíntese líquida (A), eficiência instantânea do uso da água (A/E) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i), pelo teste F a 1 e 5 % de significância; porém a interação não obteve efeitos para concentração interna de CO₂ (C_i) nem para a condutância estomática (G_s).

Tabela 8: Resumo das análises de variância para as trocas gasosas de plantas de mamoneira BRS Energia em função de torta de mamona e doses de níquel. Campina Grande, PB, 2012

QUADRADOS MÉDIOS							
FV	GL	CI	E	GS	A	A/E	A/CI
Torta (T)	3	2348.166667**	1.940489**	0.021460**	4.927839 ^{ns}	1.348284**	0.001932*
Níquel (N)	3	1014.958333*	0.167602 ^{ns}	0.005685 ^{ns}	4.456172 ^{ns}	0.359924 ^{ns}	0.001364 ^{ns}
Interação (TxN)	9	550.930556 ^{ns}	0.449313**	0.002223 ^{ns}	9.330399*	0.382161*	0.001171*
Torta dentro N1	3	1754.395833**	1.453056**	0.011506**	13.903123*	0.603464*	0.002538**
Torta dentro N2	3	202.229167 ^{ns}	0.763673**	0.000723 ^{ns}	6.271523 ^{ns}	0.992450**	0.000800 ^{ns}
Torta dentro N3	3	1561.41667**	0.539042*	0.005350 ^{ns}	4.444917 ^{ns}	0.408792*	0.001632*
Torta dentro N4	3	482.91667 ^{ns}	0.532656*	0.010550*	8.299473 ^{ns}	0.490061*	0.000476 ^{ns}
Níquel dentro T1	3	1219.187500*	0.067556 ^{ns}	0.008183*	15.148317*	0.394216*	0.001924*
Níquel dentro T2	3	375.729167 ^{ns}	1.227150**	0.002756 ^{ns}	2.915740 ^{ns}	0.836803**	0.000631 ^{ns}
Níquel dentro T3	3	406.062500 ^{ns}	0.102342 ^{ns}	0.000692 ^{ns}	7.775156 ^{ns}	0.126099 ^{ns}	0.001294*
Níquel dentro T4	3	666.229167 ^{ns}	0.118492 ^{ns}	0.000723 ^{ns}	6.607156 ^{ns}	0.159136 ^{ns}	0.001029 ^{ns}
Resíduo	48	332.375000	0.134745	0.002510	4.424062	0.002510	0.000555
C.V. (%)		10,46	5,93	13,76	8,48	13,76	16,20

OBS: ** e * significados a níveis de 1 e 5 de probabilidade pelo teste F, respectivamente. CI = concentração interna de CO₂, E = taxa de transpiração, GS = condutância estomática, A = taxa de fotossíntese líquida, A/E = eficiência instantânea do uso da água, A/CI = eficiência instantânea da carboxilação. F.V.=fonte de variação, GL=grau de liberdade e C.V.= coeficiente de variação

Em relação aos efeitos da torta de mamona sobre a concentração interna de CO₂ (Ci) verifica-se, na Figura 16 (A) que a dose inicial, ou seja, a testemunha propiciou a maior média observada (186,81 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) averiguando-se uma estabilidade nas doses intermediárias de 1,0 e 2,0 (t ha^{-1}) e aumento na dose máxima 3,0 t ha^{-1} (182,18 $\mu\text{mol mol}^{-1}$). A assimilação de CO₂ pelas folhas é reduzida principalmente pelo fechamento dos estômatos, onde ocorrem danos de membrana e redução da atividade enzimática, especialmente as de fixação de CO₂ e a síntese de ATP (TAIZ; ZEIGER, 2009).

As doses de níquel apresentaram influência positiva para a concentração interna de CO₂, havendo redução desta variável até a dose estimada 4,72 mL (182,12 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) e a dose de 4,0 mL, o menor desempenho (163,18 $\mu\text{mol mol}^{-1}$), (Figura 16 B). Machado; Medina e Gomes (1999) sugerem que o aumento de Ci pode estar relacionado à queda na atividade de enzimas envolvidas no processo de fixação de CO₂.

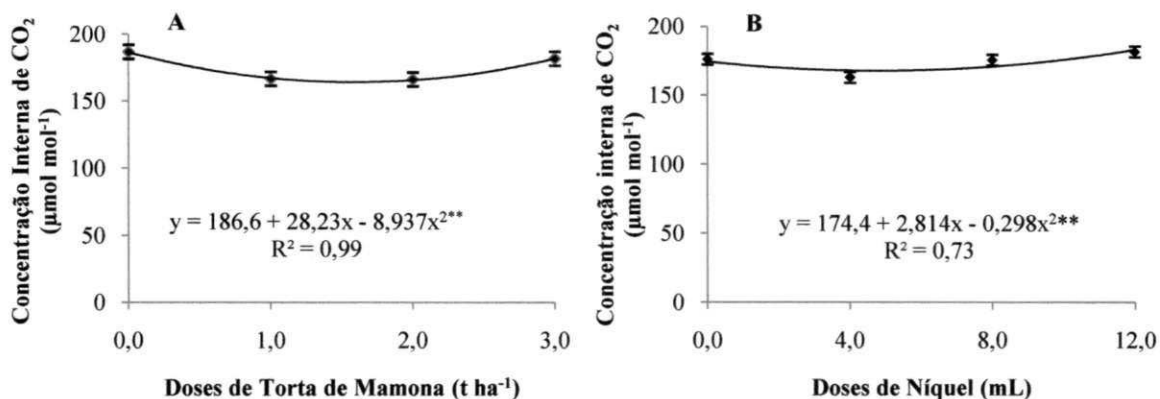


Figura 16: Concentração interna de CO₂ (CI) em função de doses de torta de mamona (A) e doses de níquel (B). Campina Grande, PB, 2012

A interação (T x N) propiciou comportamentos distintos entre as doses de torta dentro das doses de níquel, reciprocamente. Na Figura 17 (A, B, C e D), percebe-se os efeitos causados da torta de mamona dentro das doses de níquel sobre a taxa de transpiração (E); verifica-se, para a torta dentro das doses de níquel de 4,0, 8,0 e 12,0 mL, verificando uma redução com a elevação na unidade de torta; analisando a Figura 17 A percebe-se um acréscimo de 17,54 %; 21,81 % e 3,07 %, da menor para a maior dose analisada, respectivamente, verificando-se uma maior taxa de transpiração na dose máxima observada de 3,0 t ha⁻¹; analisando a Figura 17 (B) observa-se que na dose de níquel de 4,0 mL a dose de torta de mamona máxima estimada de 2,11 t ha⁻¹ proporcionou o melhor resultado; para a dose de níquel de 8,0 mL (Figura 17 C) a dose máxima estimada de torta de 2,44 t ha⁻¹ proporcionou o valor máximo na taxa de transpiração; entretanto, a dose estimada de torta de 1,56 t ha⁻¹ propiciou a maior taxa transpiratória dentro da maior dose de níquel (12,0 mL) (Figura 17 D) e após esta dose, ocorre um decréscimo de 9,67 %.

Estudando o desdobramento do níquel dentro das doses de torta de mamona constatou-se que o níquel obteve influência apenas sobre a dose de torta de 1,0 t ha⁻¹ verificando-se aumento linear da taxa de transpiração com a elevação em uma unidade de níquel obtendo-se, então um acréscimo de 24,54 %; 13,71 % e 9,85 %, da menor para a maior dose de níquel aplicada (Figura 17 E).

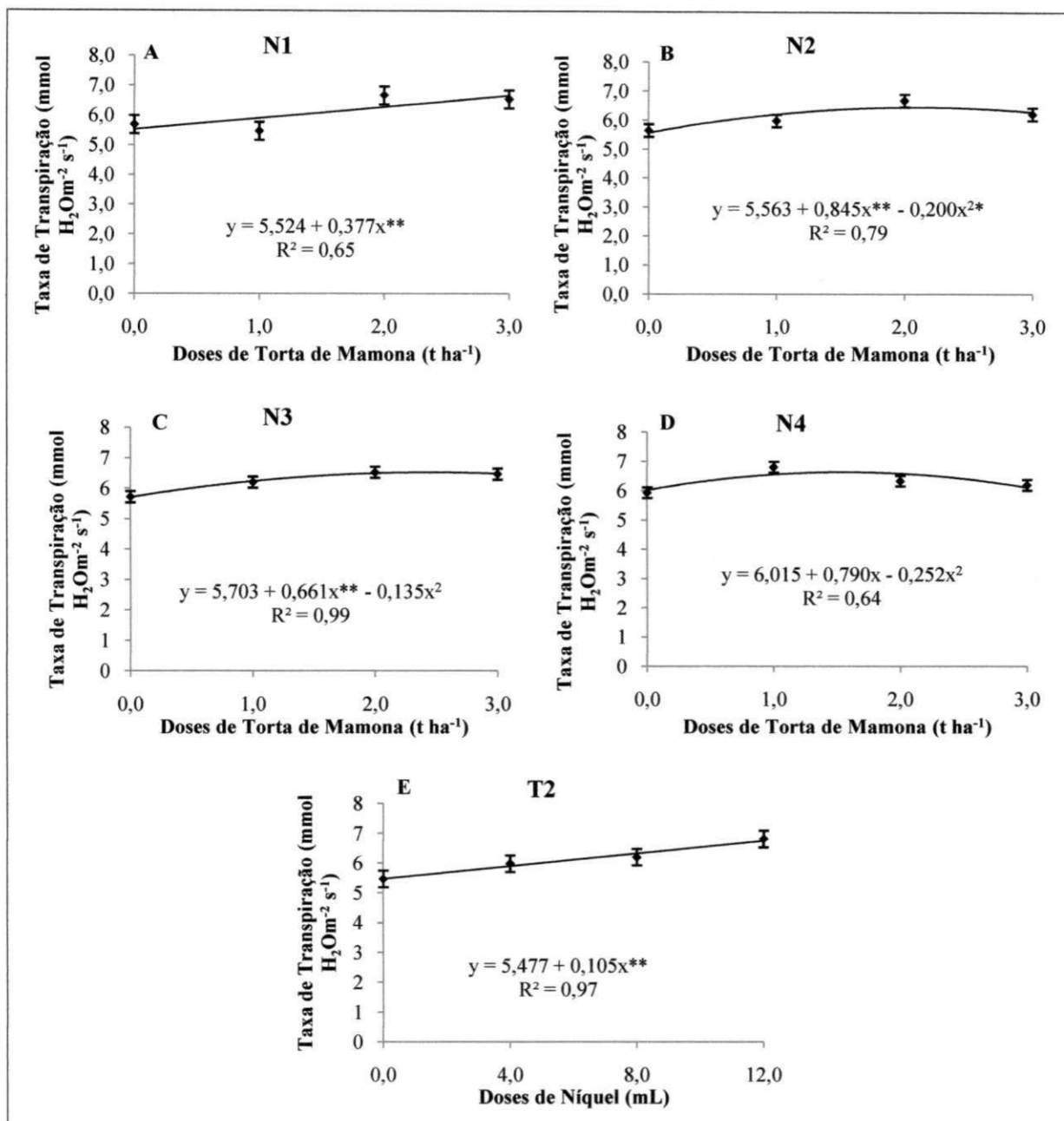


Figura 17: Desdobramento da taxa de transpiração da torta de mamona dentro das codificações N₁ (A), N₂ (B), N₃ (C) e N₄ (D). Desdobramento de níquel dentro da codificação T₂ (E). Campina Grande, PB, 2012

A taxa de transpiração (E) de folhas de mamoneira sob influência da torta de mamona analisada individualmente (Figura 18) obteve a maior taxa na dose máxima estimada de 2,30 t ha⁻¹; averigua-se que, da dose inicial até esta dose, ocorreu um crescimento na taxa de transpiração tendo seus valores reduzidos com a dose de 3,0 t ha⁻¹. Os resultados médios ficaram em torno de 5,74 a 6,55 (mmol H₂O m⁻² s⁻¹). Conforme apresentado na Tabela 8, o níquel não exerceu efeitos sobre a taxa de transpiração proporcionando valores crescentes de 6,09 a 6,31 (mmol H₂O m⁻² s⁻¹).

Segundo Machado et al. (2005) a transpiração é o principal meio envolvido na regulação da temperatura foliar e que menores aberturas estomáticas levam a redução da transpiração e aumento da temperatura do tecido foliar. Carvalho (2010) relata que o controle estomático da transpiração atribui limitações difusivas ao CO_2 que podem levar a um decréscimo na taxa fotossintética.

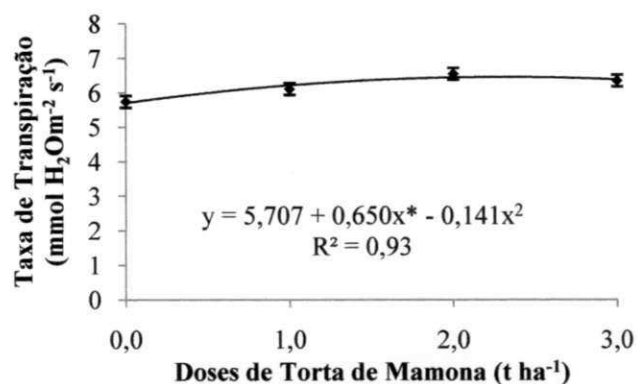


Figura 18: Taxa de transpiração em função das doses de torta de mamona, de plantas de mamoneira BRS Energia. Campina Grande, PB, 2012

Verificando os efeitos de torta de mamona sobre a condutância estomática (G_s) apresentados na Figura 19, observa-se que a testemunha proporcionou o melhor resultado ($0,412 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) apresentando redução de 15,73 %; 27,55 % e 13,46 %, respectivamente, da menor para a maior dose estudada; no entanto, as doses de níquel não exerceram efeitos sobre G_s , atingindo valores médios de $0,348$ a $0,388 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, cujos resultados são inferiores quando comparados com os obtidos pela torta de mamona; mesmo os efeitos não sendo significativos observou-se, à medida em que se elevou uma unidade nas doses de níquel, que ocorria um decréscimo na condutância estomática. G_s é um dos principais fatores que regulam o processo fotossintético nas plantas (PIMENTEL, 2004).

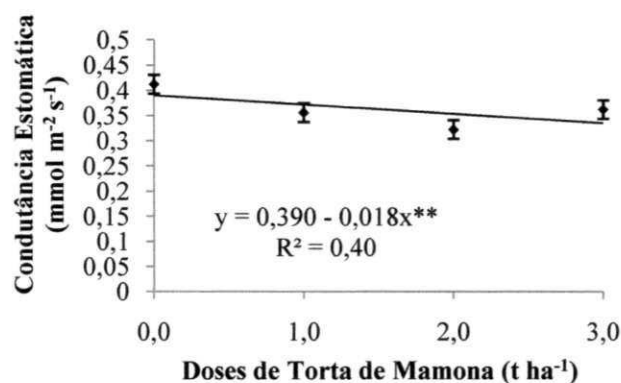


Figura 19: Condutância estomática (G_s) de plantas de mamoneira em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012

Analisando o desdobramento da interação (T x N) sobre a taxa de fotossíntese líquida (A) pode-se perceber, na Figura 20 (A) os efeitos das doses de torta de mamona dentro do N_1 (testemunha) verificando-se uma redução a partir da dose máxima estimada, de $1,93 \text{ t ha}^{-1}$. Os valores médios variaram de $22,35$ a $26,63 \text{ } (\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})$; já para o desdobramento da análise de níquel dentro das doses de torta de mamona, obtiveram-se os efeitos do níquel sobre o T_1 (testemunha) (Figura 20 B), as médias ficaram em torno de $22,35$ a $26,73 \text{ } (\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})$ e a dose de níquel máxima estimada $8,57 \text{ (mL)}$ proporcionou o maior índice de fotossíntese líquida. Cornic (2000) esclarece que a diminuição na taxa de fotossíntese líquida pode ser um processo de restrição difusiva de CO_2 realizada pelos estômatos. Com a redução dos resultados de C_i e um aumento de G_s , as limitações estomáticas seriam o fator principal da limitação do desempenho fotossintético.

A taxa de fotossíntese líquida (A) não foi afetada pelas doses de torta de mamona nem pelas doses de níquel, quando analisadas individualmente.

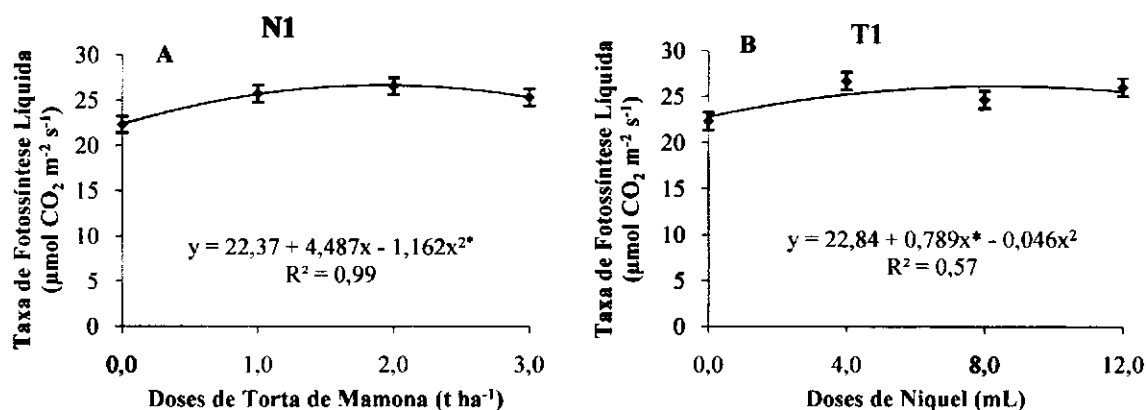


Figura 20: Desdobramento de torta de mamona dentro da codificação de níquel 1 (A), níquel dentro da codificação de torta de mamona 1 (B) para a taxa de fotossíntese líquida (A) de plantas de mamoneira. Campina Grande, PB, 2012

Analisando o desdobramento da interação (T x N) sobre a eficiência instantânea do uso da água (A/E) (Figura 21 A, B, C e D) observa-se que a torta de mamona promoveu influência sobre todas as doses de níquel. Verifica-se, na Figura 21 A que a dose de torta máxima estimada de $1,25 \text{ t ha}^{-1}$ resultou numa melhor eficiência do uso da água sobre o N_1 , que corresponde às plantas não tratadas com níquel. Em relação aos efeitos da torta sobre a dose de níquel de $4,0 \text{ mL}$ (N_2) apresentados na Figura 21 B, ocorreu uma redução linear de 7,97 %; 32,03 % e 19,09 %, da menor para a maior dose de torta de mamona analisada, respectivamente. Esses comportamentos são semelhantes no desdobramento de torta sobre as doses de níquel de $8,0 \text{ mL}$ (N_3) e $12,0 \text{ mL}$ (N_4), verificando-se redução na eficiência do uso da água com o aumento das doses de torta, com decréscimo de 10,74 %; 11,59 % e 21,97 %, referentes à dose de níquel de $8,0 \text{ mL}$ (Figura 21 C); em relação à dose de níquel de $12,0 \text{ mL}$, observou-se uma diminuição na ordem de 18,86 %; 18,54 % e 18,86 %, respectivamente (Figura 21 D). Com o desdobramento do níquel sobre as doses de torta de mamona (Figura 21 E e F) verifica-se que o níquel propiciou influência apenas dentro das plantas que não receberam adubação com torta (T_1) e na dose de torta de mamona de $1,0 \text{ t ha}^{-1}$, obtendo-se redução quadrática para T_1 e valor máximo na dose estimada de níquel de $7,45 \text{ mL}$; com decréscimo de 7,49 %, os efeitos de níquel sobre a dose de torta de $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ estão apresentados na Figura 21 F, verificando-se que ocorreu redução linear com valor máximo promovido pelas plantas não adubadas com níquel (testemunha) atingindo diminuição de 7,51 %, 20,71 % e 27,22 %, respectivamente.

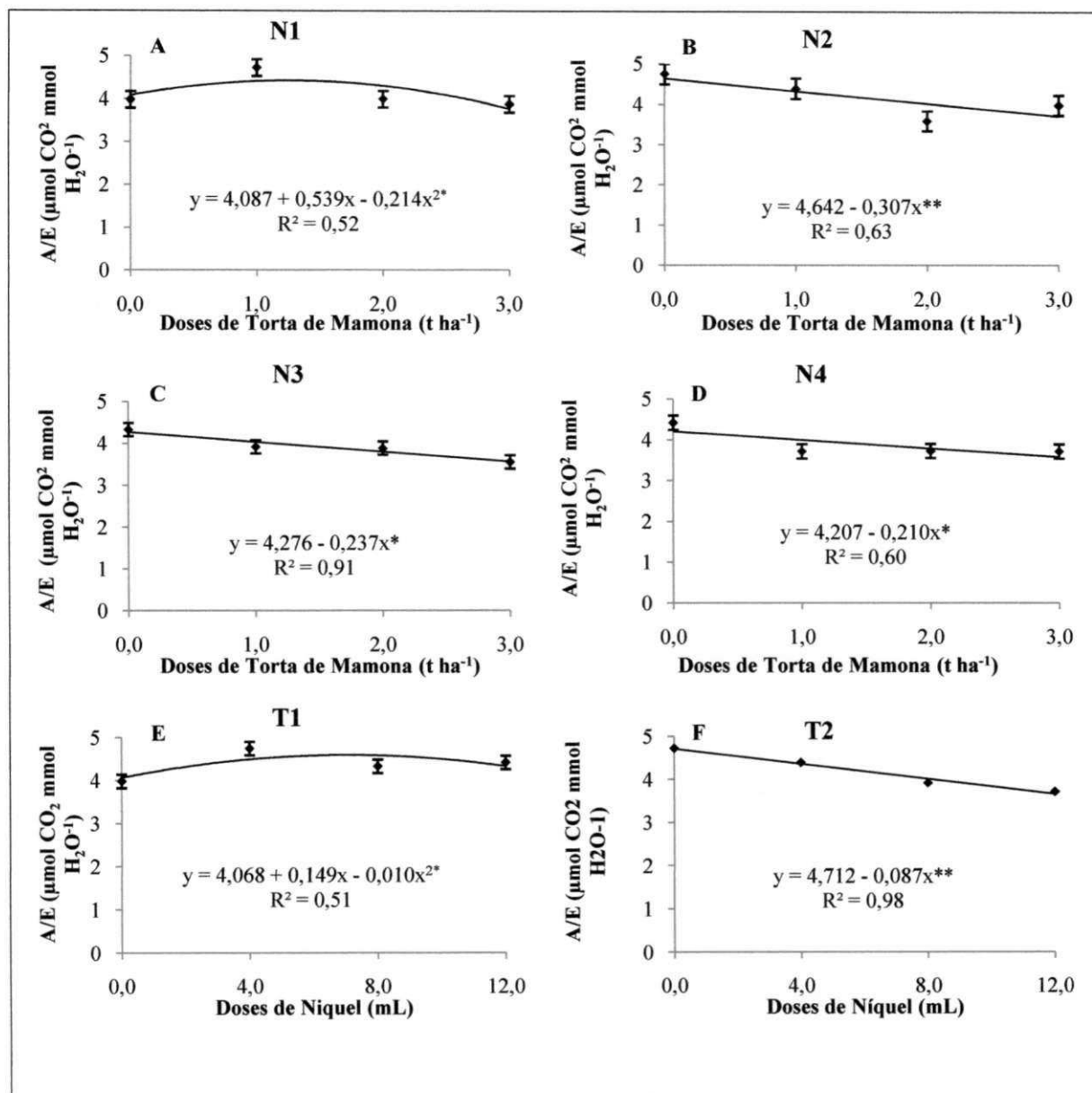


Figura 21: Desdobramento de torta de mamona dentro das doses de níquel: N₁ (A), N₂ (B), N₃ (C) e N₄ (D). Desdobramento de níquel dentro das doses de torta de mamona: T₁ (E) e T₂ (F) da eficiência instantânea do uso da água (A/E). Campina Grande, PB, 2012

O aumento das doses nas plantas submetidas à torta de mamona foi acompanhado pela menor eficiência instantânea do uso da água (A/E) principalmente nas plantas que receberam as maiores doses aplicadas ocorrendo um decréscimo linear com redução de 4,06 %; 14,47 % e 15,07 % da menor para a maior dose analisada (Figura 22). Resultados diferentes foram verificados nos estudos de Roza (2010) que relatou aumento nas razões A/E com o decréscimo da G_s; o autor reportou que o fechamento dos estômatos contribuiu para aperfeiçoar a eficiência no uso da água.

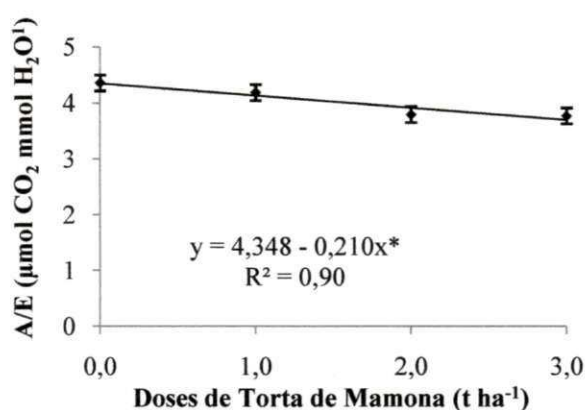


Figura 22: Eficiência instantânea do uso da água (A/E) de plantas de mamoneira em função de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012

Conforme observado na Figura 23, na análise de desdobramento sobre a eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) a torta de mamona exerceu influência dentro da dose de níquel de 8,0 mL (N_3) e sobre a testemunha (N_1) constatando-se maiores valores na dose de torta estimada de 1,90 t ha⁻¹ na testemunha (Figura 23 A); para a dose de níquel de 8,0 mL a maior eficiência de carboxilação foi proporcionada na dose de torta máxima estimada de 1,5 t ha⁻¹ (Figura 23 B). Em relação ao desdobramento do níquel sobre as doses de torta de mamona para a eficiência de carboxilação observa-se, na Figura 23 C, que a dose de 4,0 mL se sobressaiu das demais doses de níquel dentro da testemunha (T_1) observando-se redução de 20,14 %. A aplicação das doses de níquel promoveu efeito negativo sobre a eficiência instantânea de carboxilação de forma que, a medida em que se aumentou a dose de aplicada, verificou-se diminuição da eficiência sendo a maior dose (12 mL) responsável pela menor eficiência (Figura 23 D).

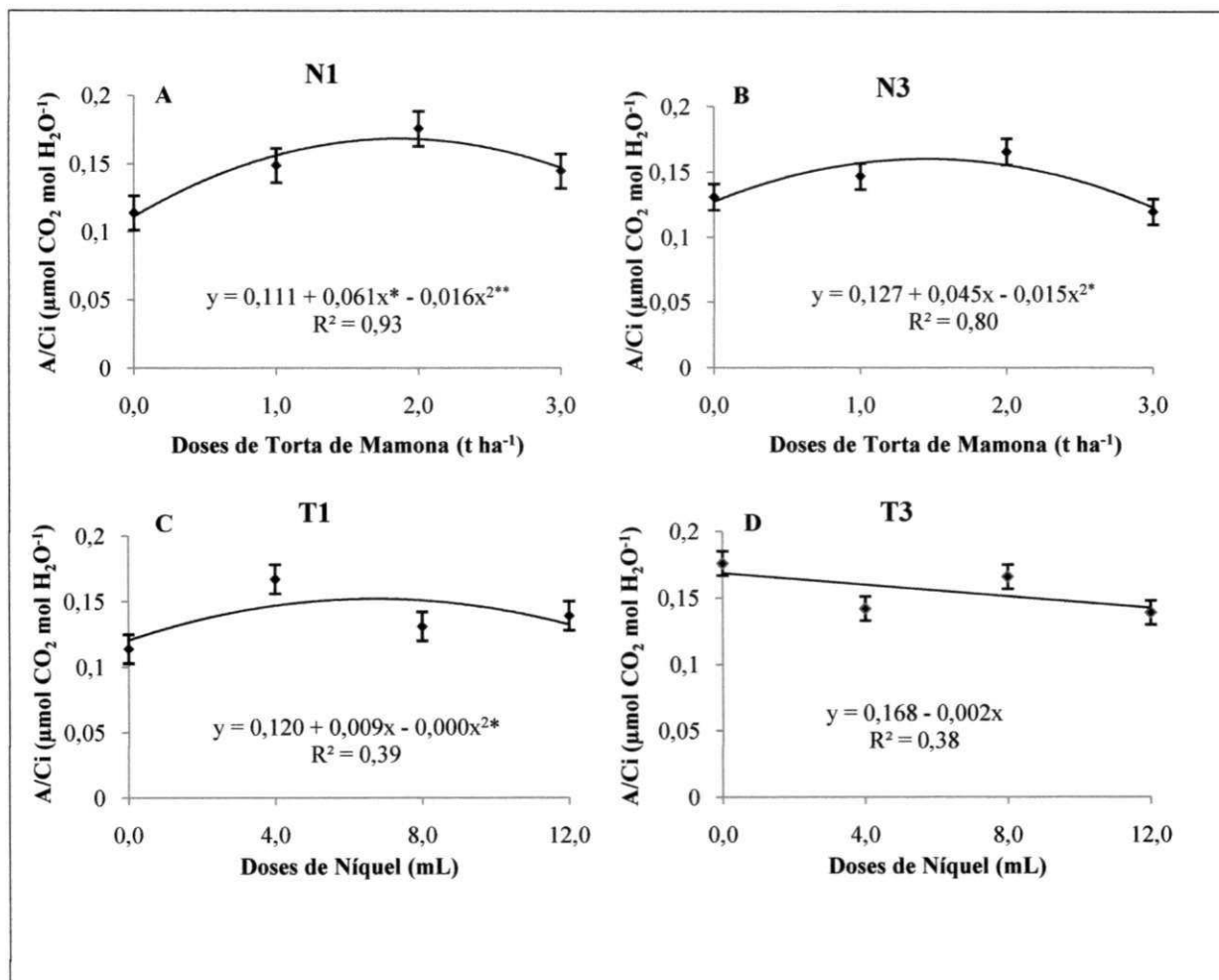


Figura 23: Desdobramento de torta de mamona dentro de doses de níquel: N₁ (A) e N₃ (B). Desdobramento de níquel dentro de doses de torta de mamona: T₁ (C) e T₂ (D) da eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i). Campina Grande, PB, 2012

A eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) foi maior na dose máxima estimada de $1,44 \text{ t ha}^{-1}$ de torta de mamona, com valor de $0,156 \text{ (}\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}\text{)}$ (Figura 24). Tendo em vista a deficiência de informações relacionadas às trocas gasosas submetidas à adubação com torta de mamona em cultivos de mamoneira, quando comparados os resultados com trabalhos com outras culturas sob estresse hídrico, os dados do presente estudo foram semelhantes aos encontrados por Carvalho (2010), que constatou baixa eficiência na carboxilação em plantas de mamoneira submetidas a estresse hídrico; diante dos resultados pode-se perceber que as plantas de mamona BRS Energia com torta de mamona para a variável A/C_i são sensíveis a altas concentrações de torta de mamona evidenciando uma queda na eficiência da carboxilação. Valores elevados de concentração interna de CO_2 associado ao aumento na condutância estomática indicam um acréscimo na eficiência de carboxilação ocorrido em função da disponibilidade de ATP e NADPH e do substrato para a rubisco. Sendo assim, a A/C_i depende da disponibilidade de CO_2 no mesófilo foliar, da quantidade de

luz, da temperatura e da atividade enzimática para que ocorra a fotossíntese. Se as concentrações de CO_2 intercelulares são muito baixas, o influxo deste componente nas células do mesófilo é restringido; assim, a planta aproveita o CO_2 originário da respiração para cultivar um coeficiente mínimo de taxa fotossintética, tornando-a limitada (SALAMONI, 2010).

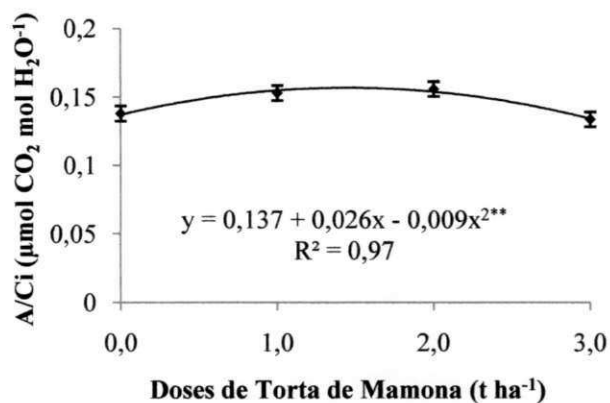


Figura 24: Eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) em função de doses de torta de mamona. Campina Grande, PB, 2012

5. CONCLUSÕES

1. A aplicação da torta de mamona proporcionou aumento na altura da planta, de 46,53 cm, diâmetro do caule 14,80 mm, área foliar 5005,32 cm², fitomassa da raiz 10,83 g.planta⁻¹, caule 9,18 g.planta⁻¹, folhas 14,36 g.planta⁻¹ da cv. BRS Energia não obtendo resposta do níquel para as variáveis citadas;
2. Não houve alteração no crescimento, na área foliar, na fitomassa do caule e raízes, na eficiência quântica do fotossistema II nem no índice relativo de clorofila em resposta à aplicação de níquel;
3. A torta de mamona exerceu influência sobre a fluorescência do fotossistema II de 0,813, não se obtendo efeitos da torta sobre a fluorescência inicial, máxima e variável;
4. O níquel não influenciou os resultados da fluorescência da clorofila “a”;
5. A aplicação de torta de mamona reduziu a transpiração, a condutância estomática, a eficiência instantânea do uso da água e a eficiência instantânea de carboxilação;
6. A fotossíntese líquida de mamona BRS Energia não foi influenciada pela torta de mamona e níquel quando analisados individualmente.

REFERÊNCIAS

- ANANDAN, A. et al. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. **Animal Feed Science and Technology**, v. 120, n. 1-2, p. 159-168, may., 2005.
- AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (ed.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001.
- AZEVEDO NETO, A. D. et al. Fluorescência da clorofila como uma ferramenta possível para seleção de tolerância à salinidade em girassol. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 893-897, out/dez., 2011.
- BAI, C.; REILLY, C. C.; WOOD, B. W. Nickel deficiency disrupts metabolism of ureides, amino acids, and organic acids of young pecan foliage. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 140, n. 2, p. 433-443, feb., 2006.
- BARNES, D.J.; BALDWIN, B.S.; BRAASH, D.A. Degradation of ricin in castor seed meal by temperature and chemical treatment. **Industrial Crops and Products**, v. 29, n. 2-3, p.509-515, mar., 2009.
- BELTRÃO, N. E. M. et al. Mamona: árvore do conhecimento e sistemas de produção para o semiárido brasileiro. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. 19p. (Embrapa Algodão. **Circular Técnica**, 70).
- BELTRÃO, N. E. de M. EMBRAPA ALGODÃO. **A Cadeia da Mamona no Brasil, com Ênfase para o Segmento P&D: Estado da Arte, Demandas de Pesquisa e Ações Necessárias para o Desenvolvimento**. Campina Grande, 2004. 19p. (Embrapa Algodão. Documentos, 129).
- BELTRÃO, N. E. M. et al. **Zoneamento e época de plantio da mamoneira para o nordeste brasileiro**. Campina: Grande: Embrapa Algodão. Disponível em: <www.cnpa.embrapa.br>. Acesso em: 02 de Ago. 2011.
- BROWN, P.H.; WELSH, R.M.; CARY, E.E. Nickel: A micronutrient essential for higher plants. **Plant Physiology**, Rockville, v.85, n.3, p.801-803, nov. 1987.

CARVALHO, M. **Variações morfofisiológicas e eficiência do uso da água em *Ricinus communis* L. submetida ao déficit hídrico regulado.** Ilhéus, 2010. 106p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Programa de Pós – Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2010.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Conjuntura Mensal da Mamoneira período de dezembro de 2010.** Disponível em:<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/10_12_17_17_23_51_mamona_dezembro2010.pdf>, Acesso em 11 dez. 2011.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: 4º levantamento de grãos - safra 2010/2011 - janeiro/2012.** 2012. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_01_10_10_53_02_boletim_graos_4o_levantamento.pdf>. Acesso em: 10 de Jun. 2012.

CORNIC, G. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture not by affecting ATP synthesis. **Trends Plant Scienc**, 2000.

CORREIA, K. G. et al. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 514 – 521, out./dez., 2009.

COSTA, F. X. et al. Composição química da torta de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. Energia e sustentabilidade - **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004a.

COSTA, F. X. et al. Avaliação de teores químicos na torta de mamona. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 1-7, ago/dez., 2004b.

COSTA, F. X. et al. Efeito do lixo orgânico e torta de mamona nas características de crescimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 259-268, jan/abr, 2009.

COSTA, F. X. et al. Disponibilidade de nutrientes no solo em função de doses de matéria orgânica no plantio da mamona. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Mossoró, v. 5, n. 3, p. 204 – 212, jul/set., 2010.

COSTA, F. X. et al. Avaliação da fisiologia e bioquímica da mamoneira em função da aplicação de composto orgânico de lixo e torta de mamona como fertilizantes. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n.1, p. 101-109, jan/mar., 2011.

COSTA, F. X. et al. Indicadores de produção de mamoneira em função de doses de matéria orgânica: um enfoque sustentável. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 2, p. 228-241, abr/jun., 2012.

DECHEN, A. R.; NACTTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTT, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed). **Fertilidade do Solo**. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, p. 91- 132, 2007.

DURÃES, F. O. M. et al. Adaptação de Milho às condições de Seca: 2. Florescimento e maturidade fisiológica de sementes de linhagens contrastantes para o parâmetro fenotípico IFMF. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia: ABMS, 2000. CD-Rom.

EMBRAPA, **BRS ENERGIA: Recomendações Técnicas**. Embrapa Algodão. Campina Grande, 2008 (Folder).

FERREIRA, G. B. et al. Variação do crescimento vegetativo e produtivo de alguns genótipos de mamona em diferentes populações de cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. CDROM.

JORGEN, M.; FAY, P.; JONES, M. B. Effects of elevated carbon dioxide and arbuscular mycorrhizal infection on *Trifolium repens*. **New Phytologist**, v. 132, n. 3, p. 413 – 423, mar., 1996.

GUIMARÃES, M. M. B.; BELTRÃO, N. E. M.; COSTA, F. X. Influência de adubo orgânico no plantio da mamoneira. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel., 2, 2007, Brasília – DF. **Anais...** Brasília – DF, 2007.

GUPTA, U. C. **Micronutrientes e elementos tóxicos em plantas e animais**. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. V.; ABREU, C. A., eds. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal, CNPq/FAPESP/POTAFOS, p.13-43, 2001.

HOFFMANN, I. et al. Farmers management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigéria. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 86, n. 3, p. 263-275, sep., 2001.

KLUCAS, R. V. et al. Nickel: a micronutrient element for hydrogen-dependent growth of *Rhizobium japonicum* and for expression of urease activity in soybean leaves. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 80, n. 8, p. 2253-2257, apr., 1983.

KONNUR, R.; SUBARÃO, 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, p. 31 – 35, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos, Rima, 2000. 531p.

LIMA, E. F. S. et al. Fontes e doses de matéria orgânica na composição do substrato para produção de muda de mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 11. n. 2, p. 77 - 83, mai/ago., 2007.

LIMA, C. B. et al. Desenvolvimento da mamoneira, cultivada em vasos, sob diferentes níveis de salinidade da água em latossolo vermelho-amarelo eutrófico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, (Número especial) p. 50-56, dez., 2008a.

LIMA, R. L. S. et al. Casca e torta de mamona avaliados em vasos como fertilizantes orgânicos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21 n. 5 (Número especial), p.102-106, dez. 2008b.

LORD, J. M.; ROBERTS, L. M.; ROBERTUS, J. D. Ricin: structure, mode of action, and some current applications. **The Faseb Journal**, v. 8, n. 2, p. 201-208, fev., 1994.

MACHADO, E. C., MEDINA, C. L., GOMES, M. M. A. Teor de água no substrato de crescimento e fotossíntese em laranjeira “Valença”. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 1, p. 217-226, jan/jun., 1999.

MACHADO, E. C. et al. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, dez., 2005.

MAIA, S. S. S. et al. Influência da adubação orgânica e mineral no cultivo do bamburral (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit.) (Lamiaceae). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 4, p. 327-331, out/dez., 2008.

MALAVOLTA, E. et al. Repartição de nutrientes nas flores, folhas e ramos da laranjeira cultivar natal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 506-511, dez., 2006.

MARENCO, R. A.; GONÇALVES, J. F. C.; VIEIRA, G. **Leaf gas Exchange and carbohydrates in tropical tress differing in successional status in two light environments in Central Amazonia.** *Tree Physiology*, 2001.

MARINHO, A. B. et al. Influência da fertirrigação da nitrogenada na produtividade da cultura da mamoneira. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, n. 1, p. 31-42, mar., 2010.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2 ed. London: Academic Press, 1995.

NASCIMENTO, J. J. V. R. et al. Efeito da torta de mamona sobre o crescimento da mamoneira BRS 149 Nordestina. In: Congresso Brasileiro de Mamona: Energia e Ricinoquímica, 5, 2008, Salvador. **Anais...** Salvador: SEAGRI: Embrapa Algodão, 2008. 1 CD-ROM.

NEVES, O. S. C. et al. Adição de níquel na solução nutritiva para o cultivo de mudas de umbuzeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 485-490, fev., 2007.

OGUNNIYI, D.S. Castor oil: a vital industrial raw material. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 9, p. 1086-1091, oct., 2006.

OLIVEIRA FILHO, A. F. et al. Crescimento de cultivares de mamoneira sob doses de Torta de mamona. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 5 (Número especial), p. 18 – 24, dez., 2010.

OLIVEIRA, S. J. C. et al. Componentes de crescimento da mamoneira (*Ricinus cumunnis* L.) cultivar BRS Energia adubada organicamente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2010, João Pessoa. **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 481-485.

OLSNES, S.; KOZLOV, J. Ricin. **Toxicon**, v. 39, n. 11, p. 1723-1728, nov., 2001.

PAIVA, H. N.; et. al. Influência de doses de níquel sobre o crescimento de mudas de aroeira (*myracrodruon urundeuva* fr. all.) em solução nutritiva. **CERNE**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 114-121, jan/mar., 2001.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água.** Rio de Janeiro: Edur, 2004. 191p.

QUEIROZ, J.A. et al. 2005 [Online]. **Efeito da Remoção da Carúncula, Tratamento químico e Tempo de armazenamento na germinação de sementes de Mamona (*Ricinus communis* L.).** Homepage: <http://www.biodieselbr.com/plantas/mamona/estudos-mamona-sementes.htm>

RIGON, J. P. G. et al. Utilização de nitrogênio e níquel durante o crescimento do algodão. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 7, n. 13, p. 1019-1026, nov., 2011.

ROZA, F. A. **Alterações morfofisiológicas e eficiência de uso da água em plantas *Jatropha curcas* L. submetidas à deficiência hídrica.** Ilhéus, 2010, 78 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2010.

SANTOS JUNIOR, U. M. et al. Trocas gasosas e eficiência do uso da água em oito espécies arbóreas plantadas por atividade petrolífera na Amazônia Central. In: V SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: Água e Biodiversidade, 2002, Belo Horizonte, **Anais...** V Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas: Água e Biodiversidade, 2002, v. 1, n. 3, p. 446-447.

SANTOS, M. da S. **Crescimento e produção de gergelim sob irrigação com água residuária tratada e adubação com torta de mamona.** Campina Grande, 2009, 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

SALAMONI, Adriana Tourinho. **Fotossíntese – Ecofisiologia.** In: Apostila de aulas teóricas e práticas de fisiologia vegetal. Santa Maria, RS. Cap.VII, p.28-29, 2010.

SAVY FILHO, Ângelo. **Mamona: tecnologia agrícola.** Campinas: EMOPI, 2005. 105p.

SCHOLES, J. D.; HORTON, P. **Photosynthesis and chlorophyll fluorescence: Simultaneous.** In: HENDRY, G. A.; GRIME, J. P. ed. *Methods in comparative plant ecology.* London: Chapman e Hall, p.130 – 135, 1993.

SEVERINO, L. S. et al. **Adubação Química da Mamoneira com Macro e Micronutrientes em Quixeramobim, CE.** Campina Grande, PB. Embrapa Algodão, 2005a. 23p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 61).

SEVERINO, L. V. et al. **Método para determinação da área foliar da mamoneira.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005b. 21p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 55).

SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; BELTRÃO, N. E. M. **Mamona: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

SILVA, T. R. B. et al. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura da mamona em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1357-1359, set., 2007.

SILVA, G. B. M. S. et al. Potencial nutricional da torta de mamona e esterco bovino no crescimento inicial da mamona em solos do semiárido. In: 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. 736-742.

SILVA, S. D. et al. Uso de torta de mamona como fertilizante orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 19-27, jan/mar., 2012.

SMEAL, D; ZHANG, H. Chlorophyll meter evaluation for nitrogen management in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 25, n. 9-10, p.1495-1503, 1994.

STORCK, G. D. C.; LOPES, S. J.; ESTEFANEL, V. **Experimental agrícola**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre, Artmed, 2004, 719p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Artmed, 2009, 848p.

URETA, A. C. et al. Rhizobium leguminosarum biovar viciae symbiotic hydrogenase activity and processing are limited by the level of nickel in agricultural soils. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 71, n. 11, p. 7603-7606, nov., 2005.

WALKER, C. D. et al. Effects of nickel deficiency on some nitrogen metabolites in cowpeas (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Plant Physiology**, Bethesda, v. 79, n. 2, p. 474-479, out., 1985.

ZUCHI, J. et al. Efeito de torta de mamona sobre componentes de rendimento de trigo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Fortaleza, v. 2, n. 2, p. 1080 –1083, nov., 2007.