

**APLICAÇÕES ISOLADAS E CONJUNTAS DE ÁCIDO  
GIBERÉLICO E ÁCIDO SALICÍLICO NA MAMONEIRA,  
CULTIVAR BRS ENERGIA**

**GENELICIO SOUZA CARVALHO JÚNIOR**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**

**CAMPINA GRANDE-PB**

**FEVEREIRO DE 2013**

**APLICAÇÕES ISOLADAS E CONJUNTAS DE ÁCIDO  
GIBERÉLICO E ÁCIDO SALICÍLICO NA MAMONEIRA,  
CULTIVAR BRS ENERGIA**

**GENELICIO SOUZA CARVALHO JÚNIOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias / Área de Concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

**Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão**  
**Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Julita Maria Frota Chagas Carvalho**

**CAMPINA GRANDE-PB**

**FEVEREIRO DE 2013**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL-UEPB

C331a      Carvalho Júnior, Genelicio Souza.  
Aplicações isoladas e conjuntas de ácido giberélico e ácido salicílico na mamoneira, cultivar BRS energia. [manuscrito] / Genelicio Souza Carvalho Júnior. – 2013.  
48 f.: il.  
Digitado  
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, 2013.  
“Orientação: Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão, EMBRAPA”  
1. Fisiologia vegetal. 2. Ricinus communis L. 3. Hormônios do crescimento. I. Título.


21. ed. CDD 571.2

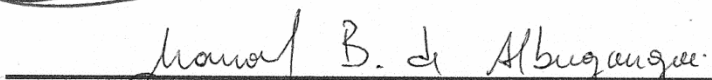
**APLICAÇÕES ISOLADAS E CONJUNTAS DE ÁCIDO  
GIBERÉLICO E ÁCIDO SALICÍLICO NA MAMONEIRA,  
CULTIVAR BRS ENERGIA.**

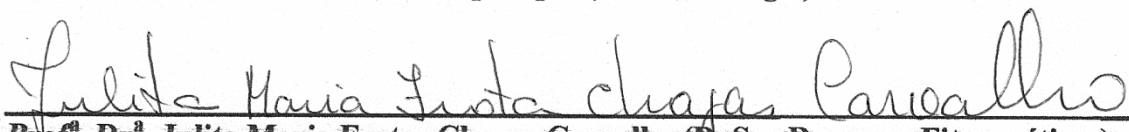
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias / Área de Concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

**Aprovada em 28 de fevereiro de 2013**

**Banca Examinadora:**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. José Geraldo Rodrigues dos Santos (D. Sc., Recursos Naturais) – UEPB**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Manoel Bandeira Albuquerque (D. Sc., Biologia) – UFPB**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr.ª Julita Maria Frotas Chagas Carvalho (D. Sc., Recursos Fitogenéticos) – EMBRAPA ALGODÃO**

**Coorientadora**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha família que me deu apoio durante o tempo que estive na Paraíba, cursando a Pós-graduação. Agradeço em especial a minha mãe Elizabete de Souza Carvalho pela educação, carinho e paciência e ao meu pai Genelicio José de Carvalho pela honestidade por ser uma pessoa trabalhadora e pelas palavras e conselhos me dadas, que contribuíram para a formação do meu caráter.

Aos meus demais familiares pela amizade, à convivência e apoio. As minhas irmãs Leila Souza Carvalho, Josivânia Souza Carvalho, Leiliane Souza Carvalho e Josiane Souza Carvalho pela amizade, companheirismo, atenção e principalmente Josiane Souza Carvalho, por ter me ajudado nos momentos em que precisei.

A todos os meus professores, que participaram da minha formação escolar e acadêmica e pós-graduação. Ao meu amigo Clériston Ribeiro Machado Carvalho de Sousa pela amizade, orientações e acima de tudo pela humildade e respeito. Ao meu colega do mestrado Klérisson Vidal de Negreiros pela convivência durante o curso, Aos conterrâneos que deixaram a Bahia para estudar em Campina Grande, em especial aos colegas da CESG 1 pela amizade e companhia de sempre Agradeço aos meus colegas Evilasio João da Rocha, Fernando Ribeiro Silva, Raimundo dos Santos Almeida, Lázaro Nunes Gama, Ronilton Nunes de Carvalho, Ronivon Alves dos Santos e Tássio Cunha Barreto.

Agradecer ainda, ao apoio da Embrapa Algodão pela oportunidade de realizar o estágio. A UEPB por está concluindo o mestrado em Ciências Agrárias. A CAPES pelo estágio e a bolsa. Agradecer aos orientadores Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão e a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Julita Maria Frota Chagas Carvalho, a banca examinadora Prof<sup>o</sup>. Dr. José Geraldo Rodrigues dos Santos, ao Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Manoel Bandeira de Albuquerque e ao Coordenador do mestrado Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Alberto Soares de Melo.

Agradeço aos funcionários da Embrapa: Francisco das chagas Garcia, José Carlos Santana Almeida, Joseni Ferreira da Silva, Bruna Santana da Silva Mendes, Carlos Alberto da

Silva, Amaro Matias de Oliveira, M. Sc. José Bruno Malaquias. E as colegas do laboratório de fisiologia vegetal Embrapa Algodão: Dr<sup>a</sup>. Maria do Socorro Rocha, Mestranda Maria Sueli Rocha Lima, Jussara Cristina Firmino da Costa, obrigado pela amizade.

Agradeço a Dr<sup>a</sup>. Amanda Micheline Amador de Lucena pelo apoio na preparação dos slides e toda orientação quanto à apresentação visual deste trabalho.

Agradeço a minha amiga a Dr<sup>a</sup>. Rosiane de Lourdes Silva de Lima que me ajudou bastante e que foi fundamental nas orientações deste trabalho e ao Dr. Ao Valdinei Sofiatti pela confecção dos gráficos.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTAS DE SIGLAS .....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo.....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 Aspectos Gerais da Cultura da Mamoneira.....	4
2.2 Considerações Gerais Sobre o Ácido Giberélico .....	5
2.3 Considerações Gerais Sobre Ácido Salicílico .....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	11
3.1 Condições Experimentais.....	11
3.1.1 Local do experimento.....	11
3.1.2 Características do solo.....	12
3.1.3 Delineamento Experimental .....	12
3.1.4 Características da Cultivar BRS Energia.....	13
3.2 Instalação e Condução do Experimento.....	13
3.2.1 Adubação do solo.....	13
3.2.2 Semeadura .....	13
3.2.3 Aplicação dos Tratamentos .....	13
3.2.4 Irrigação.....	14
3.3 Variáveis Analisadas.....	14
3.3.1 Variáveis de Crescimento.....	14
3.3.2 Variáveis Fisiológicas .....	14

3.4 Análises Estatísticas.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	16
4.1 Variáveis de Crescimento.....	16
4.1.1 Altura da Planta.....	16
4.1.2 Diâmetro caulinar.....	21
4.1.3 Área Foliar .....	25
4.2 Variáveis fisiológicas.....	27
4.2.1 Fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração e conteúdo relativo de água.....	27
4.2.4 Teor de Pigmentos Fotossintetizantes .....	33
5. CONCLUSÕES.....	38
7. REFERÊNCIAS .....	39



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Análise química do solo utilizado no experimento. Embrapa Algodão, Campina Grande, PB. 2012 ..... 12
- Tabela 2. Resumos das análises de variância (quadrados médios) para as variáveis: altura de plantas (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar (AF) em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia em diferentes níveis de ácido giberélico e ácido salicílico, aos 45, 60 e 75 DAE. Campina Grande, 2012 ..... 17
- Tabela 3. Resumos das análises de variância (quadrados médios) para as variáveis: fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e conteúdo relativo de água (CRA) em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia em resposta à aplicação de diferentes doses de ácido giberélico e ácido salicílico, aos 80 DAE. Campina Grande, 2012 ..... 28
- Tabela 4. Resumos das análises de variância (quadrados médios) para as variáveis: Clorofila a (CLA), Clorofila b (CLB), Clorofila Total (CLT) e Carotenoides (CAR) em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia em função da aplicação de diferentes doses de ácido giberélico e ácido salicílico, aos 80 DAE. Campina Grande, 2012 ..... 33

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Temperaturas máxima (T. max.) e mínima (T.min.) (°C) e umidade relativa do ar (UR Ar) (%) durante o período de condução do experimento. Campina Grande (PB), 2012..... 12
- Figura 2. Altura de plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em resposta à aplicação de doses de ácido giberélico, na presença de ácido salicílico, aos 45 (A), 60 (B) e 75 (C) DAE. Campina Grande, 2012 ..... 18
- Figura 3. Altura de plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em resposta à aplicação de doses de ácido salicílico, na presença de ácido giberélico, aos 45 (A), 60 (B) e 75 (C) DAE. Campina Grande, 2012 ..... 20
- Figura 4. Diâmetro caulinar em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em resposta a aplicação de doses de ácido giberélico, na presença de ácido salicílico, aos 45 (A) e 60 (B) DAE. Campina Grande, 2012 ..... 22
- Figura 5. Diâmetro caulinar em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em resposta a aplicação de doses de ácido salicílico, na presença de ácido giberélico, aos 45 (A) e 60 (B) DAE. Campina Grande, 2012 ..... 24
- Figura 6. Diâmetro caulinar em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em resposta à aplicação de doses de ácido giberélico e ácido salicílico, aos 75 DAE. Campina Grande, 2012..... 24
- Figura 7. Área foliar de plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em resposta à aplicação de doses de ácido giberélico, associado ao ácido salicílico, aos 75 DAE. Campina Grande, 2012..... 26

Figura 8. Área foliar em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em resposta à aplicação de doses de ácido giberélico (A) e ácido salicílico (B), aos 60 DAE. Campina Grande, 2012.....	26
Figura 9. Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (B), Transpiração (C) e Conteúdo relativo de água (D) em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em função da aplicação de doses de ácido giberélico, na presença de ácido salicílico, aos 80 DAE. Campina Grande, 2012.....	29
Figura 10. Fotossíntese líquida (A) e Conteúdo relativo de água (B) em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em função da aplicação de doses de ácido salicílico, na presença de ácido giberélico, aos 80 DAE. Campina Grande, 2012.....	32
Figura 11. Teor de Clorofila a (A), clorofila b (B), clorofila total (C) e carotenoides (D) em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em resposta a aplicação de doses de ácido giberélico, na presença de ácido salicílico, aos 80 DAE. Campina Grande, 2012.....	35
Figura 12. Teor de Clorofila a (A), clorofila b (B) e clorofila total (C) em plantas de mamoneira, em resposta a aplicação de doses de ácido salicílico, na presença de ácido giberélico, aos 80 DAE. Campina Grande, 2012 .....	36

## LISTAS DE SIGLAS

AF - área foliar

A - fotossíntese líquida

AP - altura de planta

AS - ácido Salicílico

BRS - Brasil sementes

CLA - clorofila a

CLB - clorofila b

CLT - clorofila total

CRA - conteúdo relativo de água

DAE - dias após a emergência plântulas

DC - diâmetro caulinar

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMEPA - empresa estadual de pesquisa agropecuária da Paraíba s.a

E - transpiração

GA<sub>3</sub> - Ácido giberélico

gs - transpiração

KCl - cloreto de potássio

NPK - nitrogênio, fósforo e potássio

PB - Paraíba

SSP - superfosfato simples

T. max - temperatura máxima

T. min - Temperatura mínima

UFMG - universidade federal de campina grande

UR Ar - umidade relativa do ar (UR Ar)

## RESUMO

CARVALHO JÚNIOR, GENELICIO SOUZA. M. Sc. Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, Fevereiro de 2013. APLICAÇÕES ISOLADAS E CONJUNTAS DE ÁCIDO GIBERÉLICO E ÁCIDO SALICÍLICO NA MAMONEIRA, CULTIVAR BRS ENERGIA. Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão, Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Julita Maria Frotas Chagas Carvalho.

O uso de ácido giberélico e ácido salicílico no cultivo de plantas é uma das estratégias utilizadas para aumentar a produtividade e a resistências das culturas aos estresses bióticos e abióticos. Objetivou-se com este trabalho avaliar as ações isoladas e conjuntas do ácido giberélico e ácido salicílico, sobre o crescimento e fisiologia da mamoneira cultivar BRS Energia. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado e os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 5 x 5, sendo, os fatores compostos por cinco doses de ácido giberélico (0,0; 0,02; 0,04; 0,08 e 0,16 mg L<sup>-1</sup>) e cinco doses de ácido salicílico (0,0; 0,02; 0,04; 0,08 e 0,16 mg L<sup>-1</sup>) com quatro repetições, totalizando 100 unidades experimentais e uma planta por parcela. As variáveis analisadas foram: altura de planta, diâmetro caulinar, área foliar, fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração, pigmentos fotossintetizantes (clorofila a, b, total e carotenoide), e conteúdo relativo de água. O ácido giberélico aumenta o crescimento das plantas de mamoneira cultivar BRS Energia nos períodos estudados (45, 60 e 75 dias), com a magnitude dependendo da dosagem do ácido salicílico aplicado; a área foliar por plantas é reduzida a partir da dose média de 0,08 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico aos 75 dias após a emergência; a taxa de fotossíntese líquida é reduzida pelo ácido giberélico com ou sem a presença do ácido salicílico, com efeitos lineares aos 80 dias após a emergência; os pigmentos clorofila a, b, total e carotenoides, e o conteúdo relativo de água, a taxa de transpiração e a condutância estomática, se reduzem a partir da aplicação de 0,02 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico e ácido salicílico, evidenciando elevada sensibilidade da mamoneira cultivar BRS Energia às pulverizações com estes hormônios

**PALAVRA-CHAVE:** *Ricinus communis* L., hormônios de crescimento, fisiologia vegetal.

## ABSTRACT

CARVALHO JÚNIOR, GENELICIO SOUZA. M. Sc. Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, Fevereiro de 2013. ISOLATED AND COMBINED APPLICATIONS OF GIBERELIC ACID AND SALICILIC ACID IN CASTOR PLANTS CV. BRS ENERGIA. Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão, Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Julita Maria Frotas Chagas Carvalho.

The use of giberelic acid and salicylic acid in the cultivation of plants is a strategy for increasing the productivity and the tolerance to biotic and abiotic stresses. This study had the objective of evaluating the isolated and combined effect of giberelic and salicylic acids on the growth and physiology of castor plants cv. BRS Energia. A completely randomized design was adopted with four replications (a total of 100 experimental units) and one plant per plot. Treatments consisted of a factorial distribution of five doses of each acid (0.0, 0.02, 0.04, 0.08, and 0.16 mg L<sup>-1</sup>). Data was taken on plant height, stem diameter, leaf area, net photosynthesis, stomata conductance, transpiration, photosynthesizing pigments (chlorophylls a and b, and carotenoids), and relative water content. Giberelic acid promoted an increased castor plant growth measured at 45, 60, and 75 days, with an effect intensity proportional to the applied dose. Leaf area was reduced at 75 days with doses above 0.08 mg L<sup>-1</sup>. The net photosynthesis rate was linearly reduced by giberelic acid after 80 days regardless of the salicylic dose. There was a reduction in the content of chlorophylls a, b, and total, carotenoids, relative water content, and stomata conductance in response to any dose of both acids. This is evidence of the sensibility of castor plant cv. BRS Energia to the action of those hormones.

Key words: *Ricinus communis* L., growth hormones, plant physiology

## 1. INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, atualmente, são cultivadas mais de um milhão de hectares de mamona por ano, sendo a Índia, China, Brasil e Rússia os maiores produtores mundiais (CANGEMI et al., 2010). Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial dessa oleaginosa (VIEIRA NETO, 2008), sendo a região nordeste, o principal polo produtor nacional. As principais áreas produtoras se concentram nos estados da Bahia, Ceará, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte (CONAB, 2012), sendo responsáveis pela maior parte da área cultivada do território brasileiro.

Estima-se que a produção anual para a safra 2013 seja em torno de 70,1 mil toneladas de bagas, equivalente a uma produção de 37 mil toneladas de óleo por ano (CONAB, 2012), destinado especialmente para o Mercado Comum Europeu, França, Estados Unidos, Tailândia, China e Japão.

O ácido giberélico ( $GA_3$ ) é um hormônio vegetal que influencia uma série de processos fisiológicos do crescimento e desenvolvimento, incluindo características como: altura de planta, diâmetro caulinar, crescimento da raiz e das folhas (SHAH, 2007). Além do envolvimento no crescimento destas estruturas, o  $GA_3$  pode funcionar como regulador da divisão, alongamento e extensibilidade celular (TAIZ e ZEIGER, 2009; VIEIRA et al., 2011). Têm-se observado também que as aplicações exógenas de ácido giberélico influenciam na atividade fotossintética, transpiração e condutância estomática nas plantas (SHAH, 2007), nos pigmentos fotossintetizantes (clorofilas e carotenoides) (KAVINA et al., 2011), além de atuar nas rotas bioquímicas dos carboidratos e das proteínas solúveis em plantas de algumas espécies cultivadas, a exemplo da ervilha (*Pisum sativum* L.) (EL-SHRAIY e HEGAZI, 2009; DAWOOD et al., 2012).

Quanto ao ácido salicílico (AS), este atualmente é incluído na lista dos hormônios vegetais por atuar principalmente na termogênese das plantas (NORMAN et al., 2004), participando da formação do caule e das raízes adventícias (SHAH, 2007), além da regulação de vários processos fisiológicos como, regulação das funções da clorofila, carotenoides,

fotossíntese, transpiração e condutância estomática (LIU et al., 2011). Em pesquisas com a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.), Agarwal et al. (2005) constataram que este hormônio atua nos processos que envolvem a regulação do conteúdo relativo de água nas folhas. Além destes aspectos, as pesquisas com AS têm-se voltado para avaliar a tolerância das plantas contra os efeitos adversos de estresses bióticos e abióticos em plantas de *Arabidopsis* (MUNNÉ-BOSCH et al., 2007).

De acordo com o recente levantamento, as pesquisas em torno da mamoneira têm-se concentrado, sobretudo, nas áreas de fisiologia (BELTRÃO et al., 2003), melhoramento genético (BERTOZZO et al., 2010) e biotecnologia (SUJATHA et al., 2008), visando, principalmente, à definição de novas variedades comerciais mais produtivas, resistentes à seca, com elevado teor de óleo comercialmente aceitável pelo mercado industrial. Porém, para obtenção de produções elevadas de bagas e óleo de boa qualidade, é necessário o conhecimento das exigências fisiológicas, nutricionais, manejo cultural e adaptação às condições edafoclimática de cada região para cada cultivar (SILVA et al., 2009). Contudo, esta linha de pesquisa envolvendo hormônios vegetais tem recebido pouca atenção por parte dos pesquisadores na cultura da mamona. Na literatura não foram encontrados trabalhos científicos a respeito de aplicações conjuntas de ácido giberélico e ácido salicílico, sobre o crescimento e fisiologia da cultura da mamona. Trabalhos acerca da utilização do AS sobre o crescimento da mamoneira foram realizados por Liu et al. (2011), os quais constataram que o AS promove melhoria nas atividades fisiológicas e incrementa os teores de clorofila. No tocante a resposta de plantas de mamoneira a ação do ácido giberélico, Lima et al. (2007) constataram que a aplicação de ácido giberélico sobre as sementes, antes do plantio, acelera a germinação e aumenta o ganho de massa seca de raiz e da parte aérea.



## **1.1 Objetivo**

### **➤ Geral**

Avaliar as ações isoladas e conjuntas do ácido giberélico e do ácido salicílico, sobre os aspectos de crescimento e fisiológicos da mamoneira cultivar BRS Energia.

### **➤ Específicos**

- Avaliar e quantificar os efeitos isolados e conjuntos da aplicação de doses de ácido giberélico e ácido salicílico no crescimento da mamoneira via análise de crescimento não destrutiva;
- Avaliar e quantificar indicadores fisiológicos, tais como fotossíntese, respiração e condutância estomática, em função de doses de ácido giberélico e de ácido salicílico;
- Avaliar e quantificar os efeitos da aplicação do ácido giberélico e do ácido salicílico conjuntamente sobre os pigmentos fotossintetizantes e conteúdo relativo de água em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos Gerais da Cultura da Mamoneira

A mamoneira tem como centro de origem a Etiópia, na África, ou Afeganistão, na Ásia (VIEIRA NETO, 2008). Devido ao elevado teor de óleo nas sementes, se disseminou para outras regiões do mundo, reestabelecendo nos ecossistemas tropicais e subtropicais do Brasil. No Brasil, entretanto, sua introdução ocorreu com a chegada dos portugueses (CANGEMI et al., 2010). Seus plantios ganharam expressões econômicas apenas na década de 60 e 70 pelo aumento da demanda pelo produto tanto no mercado interno quanto no mercado externo, estando hoje difundido em quase todo o território nacional (VIEIRA NETO, 2008).

Essa oleaginosa tem se constituído numa fonte de grande importância econômica para países como Índia, China, Brasil, Rússia e Paraguai (CANGEMI et al., 2010) Esta importância pode ser atribuída a características químicas do óleo, tais como elevado conteúdo de ácido ricinoleico, cerca 90% de todos os ácidos graxos que compõem o óleo de rícino, único óleo solúvel em álcool na natureza (VIEIRA NETO, 2008).

A cultura está amplamente disseminada por todas as regiões do país, mas é no Nordeste onde esta concentrada mais de 90% da produção nacional (CANGEMI et al., 2010). Os estados que se destacam na região são: Bahia, Ceará, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte (CONAB, 2012). Nos estados da Bahia e São Paulo estão alocadas as principais agroindústrias que processam as bagas, oriundos de plantios comerciais.

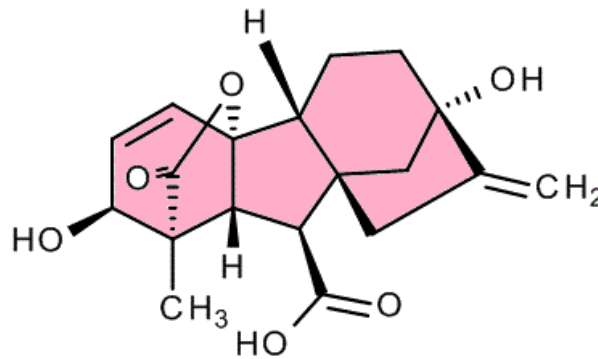
Trata-se de uma espécie tolerante à seca (SILVA et al., 2009) e sensível ao encharcamento do solo (SEVERINO et al., 2005), exigente em calor e luminosidade, principalmente na fase de enchimento dos grãos e síntese de ácidos graxos (SILVA et al., 2009). Na fase inicial de crescimento, esta oleaginosa exige uma maior frequência de chuvas, entretanto, na fase de maturação dos frutos, o requerimento hídrico é bem menor (DRUMOND et al., 2008).

A produtividade em condições de sequeiro, com pluviosidade de pelo menos 500 mm ao ano<sup>-1</sup> é de 1.800 kg ha<sup>-1</sup> (DRUMOND et al., 2008). Em condições de boa disponibilidade hídrica,

a produtividade da mamoneira é bastante variável, dependendo da carga genética da cultivar, fertilidade do solo e das condições climáticas. Para a cultivar BRS Energia, Silva et al. (2009) constataram produtividade média de 1.937 kg ha<sup>-1</sup> após a aplicação de 479,75 mm de lâmina de água em sistema irrigado. Por outro lado, Nobre (2007) constatou que a variedade IAC Guarani quando cultivada em condições adequadas de solo e clima, produz em média 4.161 kg ha<sup>-1</sup> de bagas em resposta a aplicação de lâmina de 89% da evaporação do tanque reduzido.

## 2.2 Considerações Gerais Sobre o Ácido Giberélico

O ácido giberélico é amplamente distribuído no reino vegetal, sendo sintetizadas principalmente no ápice caulinar e nas folhas jovens, estando presentes nas sementes, embriões, caules, folhas e grãos de pólen, ou seja, em toda a planta (TAIZ e ZEIGER, 2009).



Ácido giberélico (GA<sub>3</sub>)

Estrutura química do GA<sub>3</sub>. Fonte: Taiz e Zeiger, 2009.

De acordo com a literatura os primeiros relatos sobre as giberelinas foram realizados por cientistas japoneses a partir da constatação de uma doença que afetava particularmente o arroz (*Oryza sativa* L.), chamada de “bakanae-byo” (doença de mudas boba ou mudas loucas), que foi conhecido no Japão antes da era da ciência moderna (MATSUMOTO, 2005). De acordo com as plantas infectadas apresentavam maior altura quando comparadas aquelas saudáveis, e apresentavam sintomas de folhas amareladas e frequentemente murchas. Com o avanço dos estudos ficou comprovado que se tratava de uma doença causada pelo fungo *Gibberella fujikuroi* produtor de uma “toxina” que era responsável pelos sintomas da doença. Estas substâncias foram posteriormente isoladas e a partir delas determinou-se dois componentes ativos nomeados como: giberelinas A e B .

Por ocasião da segunda guerra mundial as pesquisas foram interrompidas, retornando logo após o seu término, despertando o interesse de cientistas e estudiosos de todo o mundo, que por volta da década de cinquenta isolaram e descobriram substâncias denominadas de X, A1, A2 e A3 . Nas últimas décadas, os cientistas isolaram e descobriram que os fungos *Sphaceloma manihoticola* e *Neurospora crassa*, representavam as principais fontes produtoras de GA<sub>3</sub> e GA<sub>4</sub> além dos fungos Ascomicetos e das plantas superiores (MATSUMOTO, 2005).

De modo geral, as giberelinas são hormônios vegetais que influenciam uma série de características importantes das plantas como a formação de flores femininas, longevidade das flores, promoção da indução de gemas florais, diferenciação sexual, estimulação da partenocarpia, crescimento e maturação dos frutos, e formação de órgão reprodutivo em plantas de dias longos sob condições ambientais de dias curtos (VICHATO, 2007; TAIZ e ZEIGER, 2009).

Segundo Kerbauy (2008), em plantas monoicas (produtoras de flores masculinas e femininas ou hermafroditas), o ácido giberélico tem efeitos sobre a determinação do sexo, evento geneticamente regulado, mas também pode ser influenciado por outros fatores, especialmente ambiental. Em algumas dicotiledôneas, como pepino (*Cucumis sativus* L.), espinafre (*Spinacia oleracea* L.) e maconha (*Cannabis sativa* L.), o ácido giberélico exógeno exerce efeitos contrários, promovendo a formação de flores masculinas.

A pulverização via foliar com GA<sub>3</sub> é eficiente para promover o crescimento em altura em plantas de tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.), no entanto, não promove efeitos significativos sobre o diâmetro caulinar, crescimento da raiz, massa seca da parte aérea e da raiz (DANTAS et al., 2012). O uso de hormônios vegetais, tais como o ácido giberélico líquido podem causar efeitos positivos, inibindo ou modificando processos fisiológicos, além de controlar atividades meristemáticas (TAIZ e ZEIGER, 2009). Os órgãos vegetais podem sofrer alterações morfológicas e fisiológicas (SRIVASTAVA e SRIVASTAVA, 2009). Entretanto, deve-se ressaltar que a resposta à ação deste hormônio depende de diversos fatores, como idade e sensibilidade do tecido, além da presença das proteínas receptoras (DANTAS et al., 2012).

O ácido giberélico age de forma expressiva na germinação de sementes, tanto na quebra de dormência quanto no controle da hidrólise de reserva. As sementes também podem necessitar de GA<sub>3</sub> para uma série de eventos, como ativação do crescimento vegetativo do embrião, mobilização das reservas do endosperma e no enfraquecimento da camada do endosperma que circunda o embrião, favorecendo assim seu crescimento. Atua também no desenvolvimento reprodutivo, afetando a transição da fase jovem para a fase adulta (TAIZ e ZEIGER, 2009). Modesto et al. (1996) relataram que os efeitos mais eficientes das GA<sub>3</sub> sinalizam-se no

crescimento, especialmente no alongamento do caule, podendo o crescimento foliar ser expandido em várias espécies.

A aplicação via foliar de ácido giberélico em plantas de macieira (*Malus prunifolia* Borkh.) promoveu melhorias no crescimento e no alongamento dos internos, além do acréscimo na massa seca da parte aérea, sendo recomendadas três aplicações semanalmente, em concentrações de 800 mg L<sup>-1</sup>, para melhorar a eficiência desse hormônio sobre o crescimento desta espécie (PEREIRA et al., 2010).

Estudos realizados com a cultura da soja (*Glicine max* (L.) Merrill) evidenciaram que ocorreu aumento significativo sobre as variáveis de crescimento altura da planta, diâmetro caulinar, área foliar e produção de massa seca após a aplicação de 100 mg L<sup>-1</sup> via foliar (LEITE et al., 2003). Já em ervilha (*Pisum sativum* L.), a aplicação de ácido giberélico na dose de 100 ppm, aos 45 e 70 dias após a emergência, aumentou consideravelmente a altura da planta, fato verificado nos anos agrícolas 2007 e 2008 (EL-SHRAIY e HEGAZI, 2009).

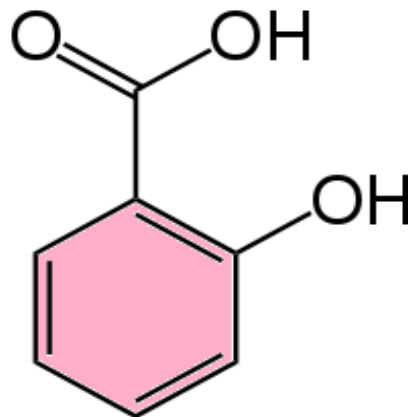
Em plantas de mamona, cultivar BRS 188 Paraguaçu, Peixoto et al. (2011), verificaram que doses iguais ou superiores a 150 µL L<sup>-1</sup> de ácido giberélico reduzem significativamente o comprimento do sistema radicular e da parte aérea, a massa seca da parte aérea, raízes e massa seca total.

O uso de ácido giberélico tem se intensificado para culturas como Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) (MOSTAFA et al., 2005; ALI et al., 2012), Nigela (*Nigella sativa* L.) (SHAH, 2007), Ervilha (*Pisum sativum* L.) (EL-SHRAIY e HEGAZI, 2009) e Hortelã (*Mentha piperita* Linn) (KAVINA et al., 2011). Nestas pesquisas, têm-se observado que a aplicação foliar de ácido giberélico aumenta significativamente o conteúdo relativo de água, taxa fotossintética e condutância estomática, além dos teores de pigmentos fotossintetizantes clorofila a, b e total (KAVINA et al., 2011; ALI et al., 2012).

Efeitos negativos da aplicação de ácido giberélico sobre os teores de carboidratos e proteínas solúveis em sementes de ervilha (*Pisum sativum* L.) foram observados após a aplicação de 100 ppm. Estes resultados sugerem que se trata de um hormônio que apresenta respostas diferenciadas conforme a cultura, exigindo da comunidade científica a realização de estudos mais detalhados para a geração de dados mais consistentes acerca do tipo de resposta e a viabilidade da utilização de ácido giberélico como promotor do crescimento, não apenas levando-se em consideração os efeitos benéficos deste hormônio, mas a viabilidade econômica de seu uso, formas de aplicação, definição de doses, condições climáticas da região, e fases do crescimento da espécie estudada (EL-SHRAIY e HEGAZI, 2009).

### 2.3 Considerações Gerais Sobre Ácido Salicílico

O ácido salicílico pertence ao grupo dos fenóis (SÁNCHEZ et al., 2010), sendo amplamente distribuído nas plantas tanto nas folhas quanto nas estruturas reprodutivas. O efeito mais notável que se conhecia do ácido salicílico era a termogênese da planta (NORMAN et al., 2004), atuando como sinalizador químico para iniciar este evento. Seu nome tem como ponto de origem o termo latim *Salix*, que significa árvore do salgueiro, espécie onde ele foi isolado pela primeira vez.



Ácido salicílico (AS)

Estrutura química do AS. Fonte: Kerbaury, 2008.

É um fitormônio do crescimento vegetal que participa da regulação de processos fisiológicos, tais como a fotossíntese, crescimento e floração (HAYAT et al., 2010). Atua também na formação de caules, iniciação de raízes adventícias e sobre a indução da floração em diversas espécies, mas, sobretudo, na defesa das plantas contra os estresses bióticos e abióticos (MUNNÉ-BOSCH et al., 2007).

A aplicação exógena de ácido salicílico pode inibir a germinação e o crescimento da planta, reduzir a transpiração, promover abscisão das folhas, alterar o transporte de íons, induzindo uma rápida despolarização das membranas, ocasionando um colapso no potencial eletroquímico. Isto depende das espécies e sua sensibilidade, do ambiente e das condições de cultivo, além da concentração utilizada deste hormônio (KERBAUY, 2008).

A termogênese ocorre na estrutura masculina das cicadáceas, principalmente promovido pelo acúmulo de ácido salicílico, que é capaz de aumentar a atividade da cadeia respiratória alternativa resistente ao cianeto na mitocôndria, demandando a energia que seria usada na síntese

de trifosfato de adenosina (ATP) para geração de calor e, portanto, aumento da temperatura (NORMAN et al., 2004).

Com relação às perspectivas de utilização do ácido salicílico, vislumbra-se sua utilização na manipulação de plantas transgênicas, que apresentem resistência a patógenos de importância agrônômica (RASKIN, 1992). Segundo Raskin (1992), as evidências experimentais sustentam a hipótese de que o ácido salicílico atua como hormônio vegetal, baseado nos critérios essenciais de uma molécula de sinalização, a saber: (a) induz a resistência aos agentes patogênicos, (b) induz a proteína PR, (c) aumentam os níveis locais e sistematicamente depois do ataque de patógeno e (d) movimenta-se em toda a planta via floema.

As pesquisas utilizando o ácido salicílico como promotor do crescimento tem se expandido intensamente em todo mundo com diversas culturas, por atuar em diversos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas como girassol (*Helianthus annuus* L.) (ÇAG et al., 2009), soja (*Glicine max* (L.) Merrill) (MAIA et al., 2000), mamona (*Ricinus communis* L.) (LIU et al., 2011), trigo (*Triticum aestivum* L.) (MOHAREKAR et al., 2003; KAYDAN et al., 2007), cevada (*Hordeum vulgare* L. cv Nosrat) (LUO et al., 2009), dentre outras.

O AS atua principalmente na constituição da parede celular atuando na defesa contra os fatores bióticos e abióticos. Neste sentido, Nivedithadevi et al. (2012), estudando os efeitos de diferentes substâncias sobre os aspectos fisiológicos de plantas de Thuthuvalai (*Solanum trilobatum* L.) (500 µg L<sup>-1</sup> de AS, 10 mg L<sup>-1</sup> de Paclobutrazol e 10 µg L<sup>-1</sup> de ácido abscísico), constataram que o AS aumenta significativamente os teores de clorofila a, b, total e carotenoides em plantas de Thuthuvalai, aumentando, desta maneira, o aparato fotossintético das plantas e fortalecendo os pigmentos que atuam na proteção contra alguns estresses, como os provocados pelo excesso de temperatura e radiação solar.

Estudos realizados por Habibi (2012) sugeriram que a dose de 500 µM de ácido salicílico, aumentou o conteúdo relativo de água, a taxa de fotossintética, transpiração e condutância estomática em plantas de cevada (*Hordeum vulgare* L. cv Nosrat). Isto significa dizer que o uso de AS em doses adequadas aumenta a capacidade fotossintética e, conseqüentemente, produtividade da cultura e que a resposta da planta a este hormônio depende das condições ambientais, cultivar, época de aplicação dose e forma de uso (NIVEDITHADEVI et al., 2012).

Para a cultura do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), Hayat et al. (2010) constataram que a concentração de 10<sup>-5</sup> mol L<sup>-1</sup>, promoveu aumento significativo sobre a condutância estomática, taxa fotossintética líquida e nos teores de carboidratos, respectivamente, aos 90 dias após a semeadura. Estes resultados sugerem que o uso de AS aumenta consideravelmente a capacidade produtiva da planta e que a resposta depende do ambiente, da dose, forma de aplicação, e da

carga genética da espécie. Resultados significativos sobre a atividade fotossintética também foram constatados por Sánchez-Chávez et al. (2011) em plantas de pimenta jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Chichimeca), ao utilizarem a dose de 0,1 mM deste hormônio.

Estudos realizados com a cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) (EL-TAYEB et al., 2006) revelaram que o uso de AS aumenta substancialmente os teores de clorofila a, b, e os teores de carotenoides, além das proteínas solúveis nas raízes e folhas ao aplicarem a dose de 0,5 mM de AS e 5 mg L<sup>-1</sup> de Cobre (Cu). Por outro lado, a aplicação da dose de 100 mg L<sup>-1</sup> de AS (Dawood et al., 2012) promoveu drástica redução nos teores de carboidratos solúveis, sugerido a necessidade de estudos mais aprofundados no tocante a definição de doses, fontes, formas de aplicação, sazonalidade e idade fisiológica da planta para se obter um resultado mais consistente.

Para a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.), observou-se que os benefícios da aplicação do AS refletiu-se, principalmente, no aumento dos teores de clorofila, carotenóides, conteúdo relativo de água e índice de estabilidade da membrana plasmática, quando se aplicaram 1,0 mM (AGARWAL et al., 2005). Resultados satisfatórios da aplicação do AS também foram verificados para o girassol (*Helianthus annuus* L.) sobre os teores de clorofila, carotenoides e clorofila total (DAWOOD et al., 2012).



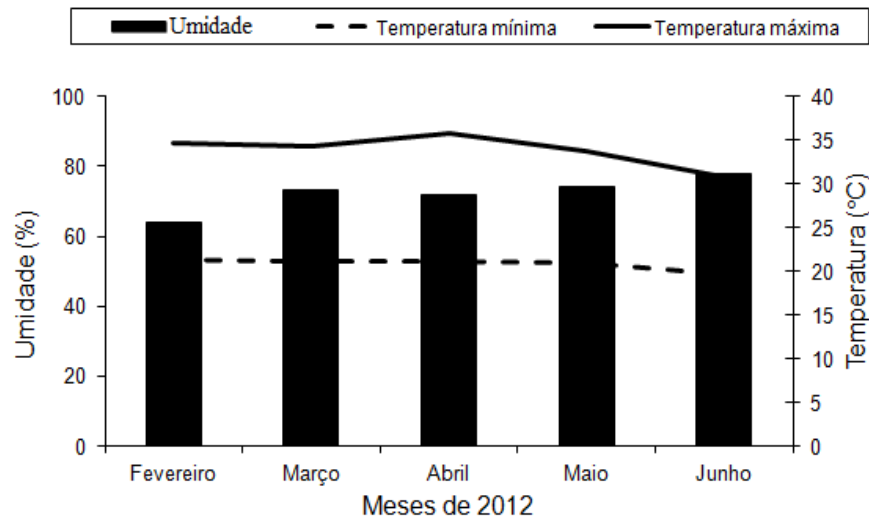
### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Condições Experimentais

##### 3.1.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, no período compreendido entre os meses de fevereiro e junho de 2012, no Centro Nacional de Pesquisa de Algodão da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Algodão), situada em Campina Grande (PB). A cidade de Campina Grande tem clima do tipo Aw'i, segundo a classificação climática de Koppen, considerado como seco sub-úmido. O período chuvoso está situado entre os meses de março a julho e a precipitação pluviométrica é de cerca de 800 mm (1974-2004). A temperatura máxima média anual é em torno de 28,7 °C e a mínima de 19,8 °C, variando pouco ao longo do ano (SOUSA JÚNIOR, 2006).

Durante o período da condução do experimento, foram quantificadas diariamente por meio de termohigrógrafo, Temperaturas máxima (T. max.) e mínima (T.min.) (°C) e umidade relativa do ar (UR Ar) (%) no interior da casa de vegetação (Figura 1).



**Figura 1.** Temperaturas máxima (T. max.) e mínima (T.min.) (°C) e umidade relativa do ar (UR Ar) (%) durante o período de condução do experimento. Campina Grande (PB), 2012

### 3.1.2 Características do solo

Para o cultivo das plantas, utilizaram-se amostras de solo classificado como Neossolo Rigolítico, textura franca arenosa, no campo experimental da Emepa, localizado no município de Lagoa Seca - PB, coletado na faixa de 0-20 cm de profundidade. As amostras foram homogeneizadas e analisadas no laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), cujas características químicas estão dispostas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Análise química do solo utilizado no experimento. Embrapa Algodão, Campina Grande, PB. 2012

Características químicas											
pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	S	H + Al	T	V	Al <sup>3+</sup>	P	M.O
1:2,5	Complexo Sortivo (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )							%	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>
6,8	3,51	1,7	0,06	0,63	5,9	0,92	6,82	100	nd	2,73	1,12

### 3.1.3 Delineamento Experimental

Adotou-se delineamento experimental inteiramente casualizado e os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 5 x 5, sendo os fatores constituídos de cinco doses de ácido giberélico (0,0; 0,02; 0,04; 0,08 e 0,16 mg L<sup>-1</sup>) e de cinco doses de ácido salicílico (0,0; 0,02; 0,04; 0,08 e 0,16 mg L<sup>-1</sup>), com quatro repetições com 1 planta por parcela, totalizando 100

unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída de um vaso com capacidade para 30 L, padronizado com a cor prateado (BELTRÃO et al., 2002).

### **3.1.4 Características da Cultivar BRS Energia**

É uma cultivar precoce, de porte baixo, recomendado para o sistema adensado, com ciclo médio de 120 dias, compreendido entre a germinação e a maturação dos últimos racemos. Apresenta altura média de 140 cm e cachos curtos medindo cerca de 80 cm. Geralmente, esta cultivar quando conduzida nos menores espaçamentos produz entre 2 a 3 cachos, atingindo até 8 quando cultivada em espaçamentos maiores. O número médio de frutos/cacho é em torno de 100, e a produtividade média é de aproximadamente 1800 kg ha<sup>-1</sup> de bagas (SILVA et al., 2009).

## **3.2 Instalação e Condução do Experimento**

### **3.2.1 Adubação do solo**

A partir das análises químicas do solo, foram aplicados, 60-90-60 kg ha<sup>-1</sup> de NPK, segundo recomendações do laboratório de análise de Solos da Universidade Federal de Campina Grande. Em cada recipiente foram aplicados em fundação, 15 g de fósforo na forma de superfosfato simples (SSP) e 3,2 g de potássio na forma de cloreto de potássio (KCl). A adubação nitrogenada foi parcelada em duas vezes aplicada em cobertura na forma de uréia, onde foram aplicados 45 g, dividida em duas aplicações, a primeira na fundação e a segunda aos 30 dias após a emergência das plântulas (DAE).

### **3.2.2 Semeadura**

Para a semeadura foram utilizadas sementes de mamona cultivar (BRS Energia) proveniente do Banco de Germoplasma pertencente a Embrapa Algodão Campina Grande-PB, foram tratadas com fungicida (Vitavax-thiram 200 sc) para eliminação de agentes patogênicos às sementes. Foram semeadas cinco sementes por vaso, em profundidade padrão de 3 cm. Transcorridos 10 dias após a emergência das plântulas (DAE), realizou-se o desbaste deixando-se uma planta por vaso até a colheita.

### **3.2.3 Aplicação dos Tratamentos**

Os tratamentos foram divididos em duas aplicações, sendo a primeira realizada aos 30 e a segunda aos 50 DAE, através de pulverizações na parte abaxial e adaxial das folhas. Para as pulverizações, utilizou-se um pulverizador manual de compressão prévia com tanque em polietileno de alto peso molecular, com capacidade volumétrica de 3 L e bomba tipo piston com diâmetro do bico de 34 mm.

### 3.2.4 Irrigação

As plantas foram irrigadas diariamente conforme as necessidades hídricas das plantas. Utilizou-se água de chuva classificada como C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>, de boa qualidade, armazenada em reservatório (cisterna) localizado no Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. De acordo com os resultados obtidos pelo Laboratório de Análises de Solo e Água da Embrapa - Algodão, trata-se de água com pH alcalino, em média, 7,7 apresentando moderado teor de cloro (266,25 mg L<sup>-1</sup>); e rica em CaCO<sub>3</sub> (92,50 mg L<sup>-1</sup>); Apresenta Ca<sup>2+</sup> solúvel da ordem de 29 mg L<sup>-1</sup>; Mg<sup>2+</sup> equivalente a 30,60 mg L<sup>-1</sup> e baixo teor de Sódio (Na<sup>+</sup> de 98,90 mg L<sup>-1</sup>). Trata-se de uma água com salinidade média (CE=730 µS cm<sup>-1</sup>) e baixa concentração de sódio (RAS=3 cmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>)<sup>1/2</sup>. Para a realização da irrigação calculou-se a capacidade de campo do solo antes do plantio e as regas foram determinadas pela lâmina de consumo diário.

## 3.3 Variáveis Analisadas

### 3.3.1 Variáveis de Crescimento

No estudo do crescimento, de coleta não destrutiva (CARDOSO et al. 2006) foram avaliadas as seguintes características: altura de plantas (AP) (cm), diâmetro caulinar (DC) (cm) e área foliar (cm<sup>2</sup>), por folha e por plantas. Foram realizadas três coletas, respectivamente, aos 45, 60 e 75 DAE.

A área foliar foi estimada pela equação  $\text{Área} = 0,1515 \times (P+L)^2$ , Sendo P = comprimento da nervura principal e L = comprimento da nervura lateral (SEVERINO et al., 2004).

### 3.3.2 Variáveis Fisiológicas

A fotossíntese líquida, a taxa de transpiração e a condutância estomática foram obtidas em luz saturada, usando-se um Analisador Infravermelho de Gás (IRGA - *Infra Red Gas Analyzer*) (LI-6400; LICOR®, Inc., Lincoln, NE, USA) de acordo com a metodologia descrita por Prado e Moraes (1997), aos 80 dias após a emergência das plântulas, na mesma folha por todos os tratamentos e repetições. O Conteúdo Relativo de Água nas folhas (CRA) foi determinado seguindo metodologia proposta por Weatherley (1950).

Os teores de pigmentos foram determinados de acordo com a metodologia proposta por Arnon (1949), nos comprimentos de onda de 470, 646 e 663 nm em espectrofotometro, marca Biomate® tm<sup>3</sup>. Para as determinações e quantificação foram utilizadas as equações propostas por (WELLBURN,1994).

### **3.4 Análises Estatísticas**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Para os fatores quantitativos, foi realizada a análise de regressão polinomial com o uso do programa estatístico SISVAR. Os ajustes das curvas foram realizados pelas funções linear e polinomial quadrática, conforme coeficiente de determinação, por meio do programa SIGMAPLOT® 11.0.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Variáveis de Crescimento**

#### **4.1.1 Altura da Planta**

A aplicação de GA<sub>3</sub> e do AS isolados e combinados promoveram efeito significativo sobre as variáveis de crescimento avaliadas, exceto para a área foliar, os quais não se detectaram significância para nenhum dos tratamentos na primeira época de avaliação (45 DAE), contudo observou-se interação significativa entre os fatores aos 75 DAE (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumos das análises de variância (quadrados médios) para as variáveis: altura de plantas (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar (AF) em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia em diferentes níveis de ácido giberélico e ácido salicílico, aos 45, 60 e 75 DAE. Campina Grande, 2012

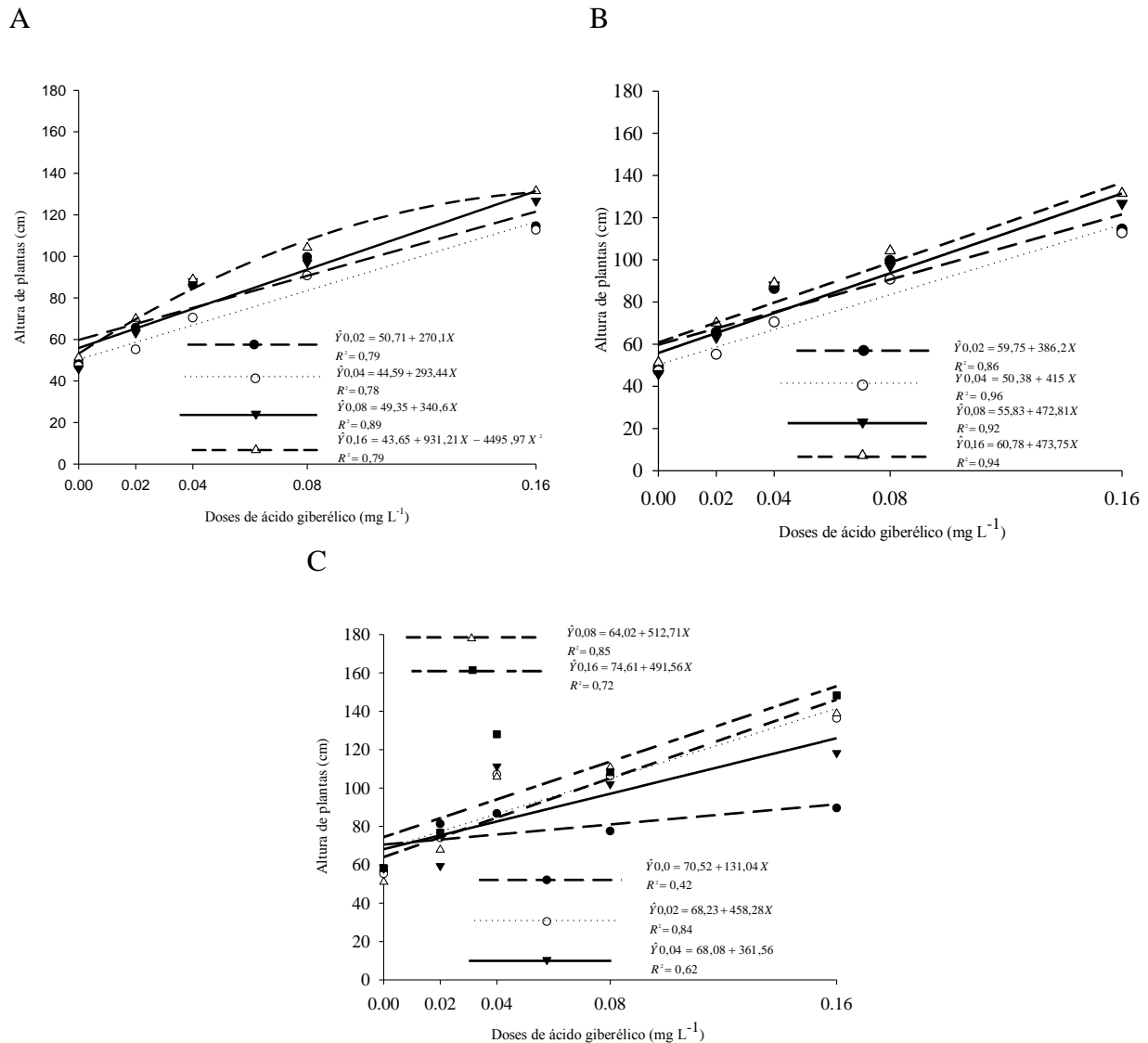
Quadrados médios (45 DAE)				
FV	GL	AP	DC	AF
GA <sub>3</sub>	4	5176,8**	18,5**	42653127,1 <sup>ns</sup>
AS	4	1679,8**	14,5**	37431549,9 <sup>ns</sup>
GA <sub>3</sub> x AS	16	372,7**	3,4**	47693436,9 <sup>ns</sup>
Resíduo	75	49,42	1,5	32444859,3
C.V (%)	-	11,15	8,69	28,93
60 DAE				
FV	GL	AP	DC	AF
GA <sub>3</sub>	4	11168,7**	30**	554730117,9**
AS	4	1586,5**	32,9**	333129472,8*
GA <sub>3</sub> x AS	16	579,2**	4,9*	173237795,1 <sup>ns</sup>
Resíduo	75	127,8	2,4	100961441,8
C.V (%)	-	14,22	9,48	39,90
75 DAE				
FV	GL	AP	DC	AF
GA <sub>3</sub>	4	16027,3**	34,49**	1086512217**
AS	4	1761,4**	24,3**	442515791,15 <sup>ns</sup>
GA <sub>3</sub> x AS	16	578,9**	3,9 <sup>ns</sup>	505522773,76**
Resíduo	75	187,3	2,6	223522964,08
C.V (%)	-	14,79	9,48	47,63

FV= fator de variância, GL= grau de liberdade, AS= ácido salicílico, GA<sub>3</sub>=ácido giberélico, C.V= coeficiente de variação, \*\*, \* - Significativo a 1 e 5% respectivamente; <sup>ns</sup> - Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

O uso de ácido giberélico associado com ácido salicílico aumentou consideravelmente a altura de plantas de mamoneira promovendo resposta linear para a maioria das doses estudadas quando se fixou a dose de AS e se variaram as doses de GA<sub>3</sub> em todas as fases de crescimento das plantas avaliadas (Figura 2A, 2B e 2C, respectivamente), e resposta quadrática ao se fixar a dose de 0,16 mg L<sup>-1</sup> de AS e variar as doses de GA<sub>3</sub> (Figura 2A), aos 45 DAE, obtendo-se ponto de máximo quando se aplicaram a dose de 0,10 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>, para dentro da dose de 0,16 mg L<sup>-1</sup> do ácido salicílico.

De acordo com a literatura, o uso associado destes dois hormônios de crescimento promoveram resultados favoráveis sobre o crescimento da planta, principalmente sobre a altura, uma vez que o GA<sub>3</sub> participa diretamente dos processos de divisão, alongamento e extensibilidade celular (TAIZ e ZEIGER 2009; VIEIRA et al., 2011), além disso é possível que o crescimento em altura possa ser atribuído a ação das auxinas, visto que a presença do ácido giberélico nos tecidos da planta geralmente promovem a síntese de auxina e vice-versa (TAIZ e

ZEIGER, 2009), o que resulta em melhor resposta a aplicação do GA<sub>3</sub>, indicado pelo alongamento do caule, como constatado neste estudo. Por outro lado, por ser o AS um hormônio que participa diretamente da formação do caule, era esperado que sua utilização promovesse resposta significativa sobre o crescimento da planta.



**Figura 2.** Altura de plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em resposta à aplicação de doses de ácido giberélico, na presença de ácido salicílico, aos 45 (A), 60 (B) e 75 (C) DAE. Campina Grande, 2012

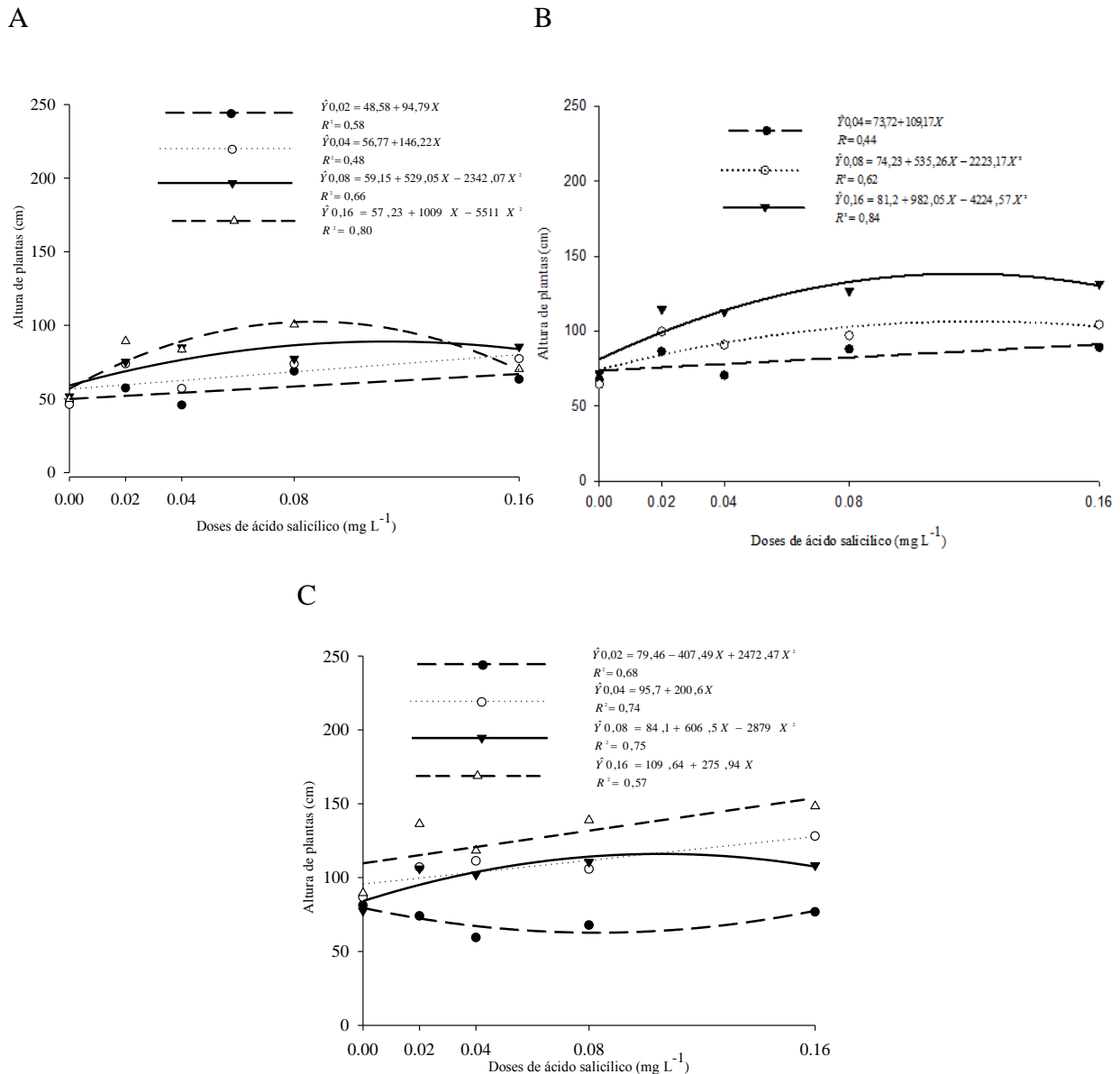
Estudos realizados com a cultura da soja (*Glicine max* (L.) Merrill) evidenciaram que ocorreu aumento significativo sobre as variáveis de crescimento altura da planta, diâmetro caulinar, área foliar e produção de massa seca após a aplicação de 100 mg L<sup>-1</sup> via foliar (LEITE



et al., 2003) do ácido giberélico. Resultados favoráveis da aplicação de GA<sub>3</sub> também foram observados por Shah (2007), em estudos realizados após a aplicação de três concentrações de ácido giberélico (10<sup>-6</sup>, 10<sup>-5</sup> e 10<sup>-4</sup> M) em três fases de crescimento (50, 70 e 90 dias) em plantas de *Nigella* (*Nigella sativa* L.). Os autores constataram que o GA<sub>3</sub> promove aumento na altura de plantas desta espécie após a aplicação do hormônio. Já em ervilha (*Pisum sativum* L.) a aplicação de ácido giberélico na dose de 100 ppm, aos 45 e 70 DAE, aumentou consideravelmente a altura da planta, com base em dados verificados nos anos agrícolas 2007 e 2008 (EL-SHRAIY e HEGAZI, 2009).

Para a cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Khan et al. (2006), constataram aumento significativo sobre a altura da planta após o uso de ácido giberélico. Resultados favoráveis sobre a altura de plantas, também foram diagnosticados por Vieira et al. (2011) após a aplicação exógena deste fitohormônio em plantas de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev). Em plantas de mamona, cultivar BRS 188 Paraguaçu, Peixoto et al. (2011), verificaram que doses iguais ou superiores a 150 µL L<sup>-1</sup> de ácido giberélico reduzem significativamente o comprimento da parte aérea.

A aplicação de ácido salicílico promoveu acréscimo significativo sobre a altura de plantas de mamoneira, aos 45, 60 e 75 DAE, em todas as doses de ácido giberélico testado (Figura 3A, 3B e 3C), observando-se efeitos lineares quando se utilizaram as doses de 0,02 e 0,04 mg L<sup>-1</sup> (Figura 3A) de ácido giberélico e quadráticos quando se isolaram as doses de 0,08 e 0,16 mg L<sup>-1</sup> (Figura 3A) de ácido giberélico. Aos 45 DAE, altura da planta aumentou até a dose ótima de 0,09 mg L<sup>-1</sup> do ácido salicílico, quando considerou a dose 0,16 mg L<sup>-1</sup> do ácido giberélico na presença do ácido salicílico, na dose 0,08 mg L<sup>-1</sup>, a dosagem ótima do ácido salicílico, correspondeu ao valor máximo de altura de plantas, foi de 0,11 mg L<sup>-1</sup>, ocorrendo decréscimo sobre esta variável nas doses superiores (Figuras 3A). Resultados favoráveis da aplicação do AS sobre o crescimento de plantas em altura também foram observados em ervilha (*Pisum sativum* L.) por Ratushnyak et al. (2012). Para a cultura do feijão-mungo-verde (*Vigna radiata* L. welczek), Ali e Mahmoud (2013) constataram que a aplicação do AS aumentou consideravelmente a altura da planta, atribuindo estes resultados a uma possível melhoria no desempenho das ações dos processos fisiológicos e bioquímicos (MAITY e BERA, 2009) envolvendo a utilização de nutrientes, particularmente N, P, K e Ca, além de ativar algumas enzimas antioxidantes e o aumento do conteúdo de glutathione (KHAN et al., 2010).



**Figura 3.** Altura de plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em resposta à aplicação de doses de ácido salicílico, na presença de ácido giberélico, aos 45 (A), 60 (B) e 75 (C) DAE. Campina Grande, 2012

O ácido salicílico é um hormônio de crescimento que participa da regulação de processos fisiológicos, tais como fotossíntese, crescimento e floração das plantas (HAYAT et al., 2010). Atua também na formação de caules, iniciação de raízes adventícias e indução da floração em diversas espécies, mas, a literatura destaca que seu principal papel é fortalecer a defesa das plantas contra os estresses bióticos e abióticos (MUNNÉ-BOSCH et al., 2007), além da termogênese nas flores por atrair os agentes da polinização, em especial os insetos. De acordo com os resultados observados nas Figuras 3B e 3C, verifica-se resposta significativa da aplicação do ácido salicílico sobre o crescimento em altura de plantas de mamoneira aos 60 e 75 DAE.

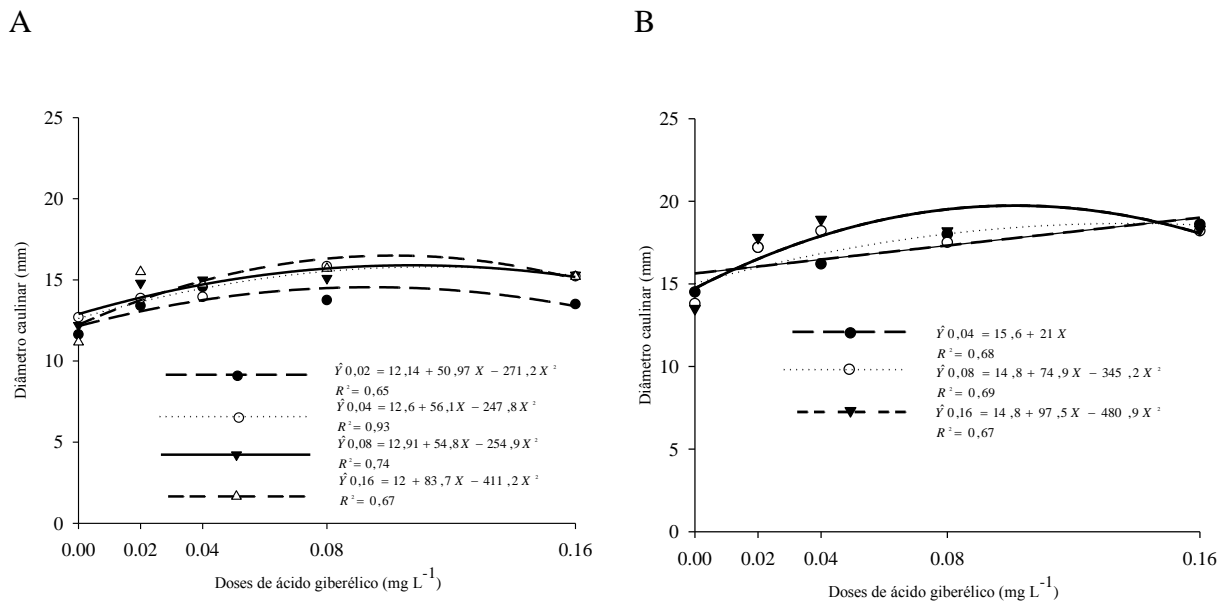
Observa-se na figura 3B, que a altura de plantas aos 60 DAE, cresceu com o aumento da dose de ácido salicílico até os limites ótimos de 0,12 e 0,11 mg L<sup>-1</sup> na presença do ácido giberélico nas dosagens de 0,08 e 0,16 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente que proporcionaram valores de altura de plantas de 135,2 e 128,1cm, havendo reduções a partir das doses ótimas.

O ácido salicílico tem sido utilizado amplamente como hormônio amenizador do estresse, contribuindo sensivelmente para reduzir os impactos negativos provocados por eles. Neste contexto, Sadeghipour e Aghaei (2012), avaliando a viabilidade do uso do AS como promotor do crescimento e mitigador da tolerância ao estresse hídrico em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), constataram que o AS reduz os efeitos negativos do estresse hídrico e contribui para a melhoria do crescimento da planta em altura.

De forma geral, a resposta da planta, quanto ao crescimento em altura, a aplicação do AS (Figuras 3A, 3B e 3C), associado à presença de GA<sub>3</sub>, foi amplamente variada, observando-se que entre as três épocas analisadas, apenas quando se aplicaram 0,08 e 0,16 mg L<sup>-1</sup>, de GA<sub>3</sub> associado as doses de AS observou-se que a altura se reduziu a partir da dose de 0,11 e 0,13 mg L<sup>-1</sup> de AS. Por outro lado, observou-se que o ponto de mínimo que reduz a menor altura de plantas foi constatado quando se utilizou a dose de 0,08 mg L<sup>-1</sup> de AS na presença de ácido giberélico na dose de 0,02 mg L<sup>-1</sup>, resultados observados aos 75 DAE. Nas demais doses testadas, os efeitos interativos foram favoráveis, observando-se incremento à medida que se ampliaram as doses de ácido salicílico. O tipo de resposta a este hormônio é dependente da espécie, dose, forma de aplicação, dentre outros fatores. No que se refere à promoção do crescimento de plantas intactas, Stefanini et al. (2002), afirma que os efeitos do ácido giberélico evidenciam-se no crescimento das plantas através do alongamento do caule, comprimento dos internódios, área foliar e acúmulo de matéria seca.

#### 4.1.2 Diâmetro caulinar

O diâmetro caulinar é uma variável amplamente utilizada como indicadora do crescimento nas análises de crescimento não destrutivas. De acordo com a literatura, os resultados obtidos para esta variável poderão dar uma ideia do tipo de resposta para o tratamento aplicado. Observou-se resposta quadrática para esta variável quanto à aplicação de doses de ácido giberélico e ácido salicílico aos 45 DAE, linear e quadrática aos 60 DAE (Figuras 4A e 4B).



**Figura 4.** Diâmetro caulinar em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em resposta a aplicação de doses de ácido giberélico, na presença de ácido salicílico, aos 45 (A) e 60 (B) DAE. Campina Grande, 2012

O diâmetro caulinar se ajustou de forma quadrática para a maioria dos casos, observando-se efeito linear apenas quando se testou o ácido giberélico na presença da dose de  $0,04 \text{ mg L}^{-1}$  de AS, aos 60 DAE (Figura 4B).

A aplicação de  $\text{GA}_3$  promoveu resposta quadrática para o diâmetro caulinar de plantas de mamoneira quando se associaram o ácido giberélico com o AS nas doses ótimas de  $0,02$ ;  $0,04$ ;  $0,08$  e  $0,16 \text{ mg L}^{-1}$ . O ponto de máximo foi obtido quando se utilizaram as doses de  $0,09$ ;  $0,10$ ;  $0,11$  e  $0,10 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$ , doses considerada como ponto crítico para a mamoneira, pois a partir desses limites, houve reduções do diâmetro com o incremento da dose aos 45 DAE.

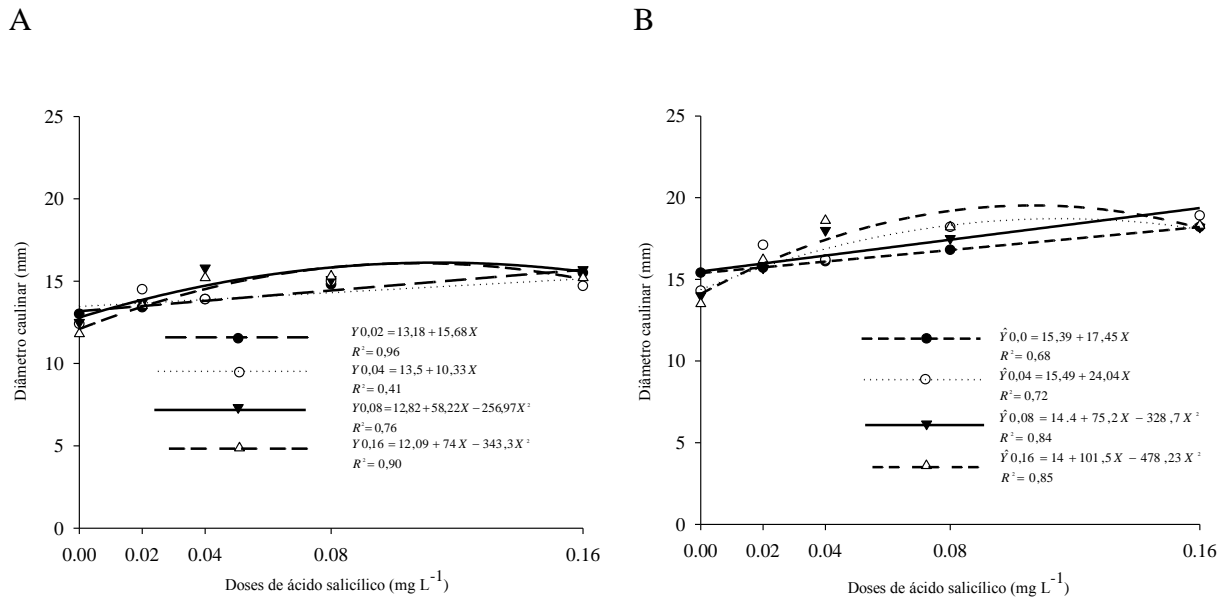
Avaliando-se os efeitos da aplicação dos hormônios sobre o diâmetro caulinar das plantas aos 60 DAE, observa-se que a aplicação foliar de  $\text{GA}_3$  associada com o AS promoveu resposta quadrática quando se isolaram as doses de  $0,08$  e  $0,16 \text{ mg L}^{-1}$  de AS e se variaram as doses de  $\text{GA}_3$ . O diâmetro caulinar se reduziu drasticamente a partir da dose de  $0,11$  e  $0,10 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$ , respectivamente, considerados pontos críticos para este hormônio (Figura 4B).

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por (SHAH, 2007), pois o ácido giberélico atua na zona de diferenciação cambial do xilema, aumentando consideravelmente o volume do caule das plantas (TAVARES et al., 2007). Resultados favoráveis sobre o aumento do diâmetro do caule em citros foram também observados por Modesto et al. (1996;1999). Isto é possível porque o ácido giberélico pode funcionar como regulador da divisão e alongamento das

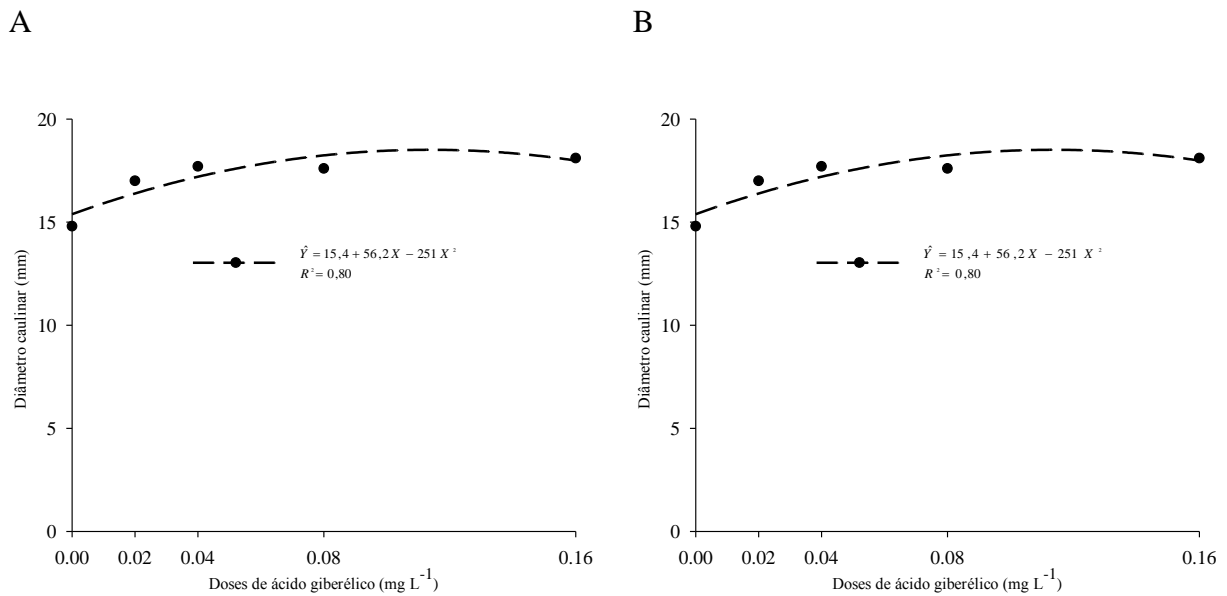
células (TAIZ e ZEIGER, 2009); VIEIRA et al., 2011), estimulando o crescimento da planta pelo aumento da extensibilidade da parede celular, participando, desse modo, do crescimento do caule. Constatou-se que o uso de ácido giberélico pode induzir o crescimento por alterar a distribuição do cálcio no tecido, uma vez que o cálcio reduz a extensibilidade da parede celular em dicotiledôneas, mas não em monocotiledôneas. Provavelmente o GA<sub>3</sub> pode estar envolvido com a diminuição da concentração de cálcio da parede celular, através de mecanismos não bem conhecidos, mas que possivelmente estimulam a absorção de cálcio para o interior da célula (RODRIGUES e LEITE, 2004).

Apesar de não se ter detectado redução sobre o diâmetro caulinar de plantas de mamoneira ao longo das avaliações, vale ressaltar que o uso de ácido giberélico em doses supra ótimas pode causar redução sobre esta variável de crescimento, dependendo da época de aplicação e da toxicidade.

Com relação aos efeitos da aplicação de ácido salicílico na presença do hormônio ácido giberélico (Figura 5A e 5B), observam-se respostas lineares e quadráticas aos 45 e 60 DAE. Aos 45 DAE, verifica-se resposta linear da aplicação de doses de AS quando se aplicaram 0,02 mg L<sup>-1</sup> e 0,04 mg L<sup>-1</sup> (Figura 5A) de ácido giberélico. Por outro lado, aos 60 DAE, os efeitos lineares foram notórios apenas quando se associaram as doses de ácido salicílico a dose de 0,02 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> (Figura 5B). O ponto de máximo médio para as curvas quadráticas obtidas, para diâmetro caulinar, foi constatado quando se utilizaram 0,11 mg L<sup>-1</sup> de AS associado as dose de 0,08 e 0,16 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>, respectivamente proporcionando diâmetro máximo de 16,10 e 16,08 mm respectivamente (Figura 5B) nas duas épocas de avaliação do estudo.



**Figura 5.** Diâmetro caulinar em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em resposta a aplicação de doses de ácido salicílico, na presença de ácido giberélico, aos 45 (A) e 60 (B) DAE. Campina Grande, 2012



**Figura 6.** Diâmetro caulinar em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em resposta à aplicação de doses de ácido giberélico e ácido salicílico, aos 75 DAE. Campina Grande, 2012

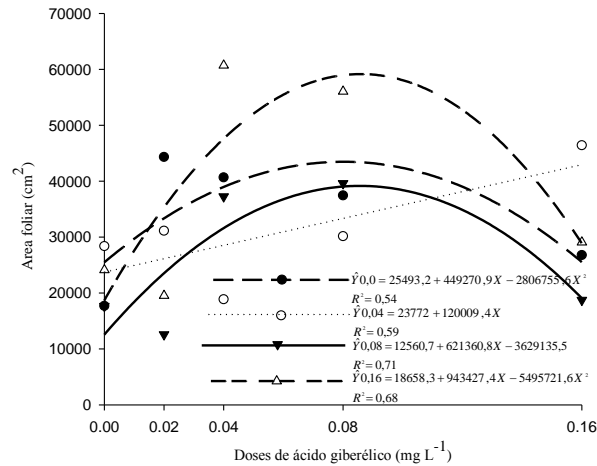
A ação do AS e do  $\text{GA}_3$  é notória sobre diâmetro caulinar de plantas aos 75 DAE (Figura 6). Ambos, os hormônios quando aplicados de formas isoladas ou associadas promovem efeitos

relevantes sobre o crescimento das plantas por estarem envolvidos em processos vitais como, ativação das enzimas (YORDANOVA e POPOVA, 2007; ABDELKADER et al., 2012), o que resulta em maior acúmulo de massa seca com a idade da planta (NAJAFIAN et al., 2009), controle osmótico, o que confere maior resistência ao estresse hídrico (SANDEGHIPOUR e AGHAEI, 2012), fortalecimento da parede celular, ativação de enzimas antioxidantes (YORDANOVA e POPOVA, 2007), além de aumentar a permeabilidade da membrana, facilitando desta forma a absorção de nutrientes (NAJAFIAN et al., 2009) e transporte de assimilados (ARFAN et al., 2007). Desta forma, plantas tratadas com AS e ácido giberélico apresentam maior capacidade de crescimento e produção de biomassa, o que pode ser refletida sobre a produtividade da cultura.

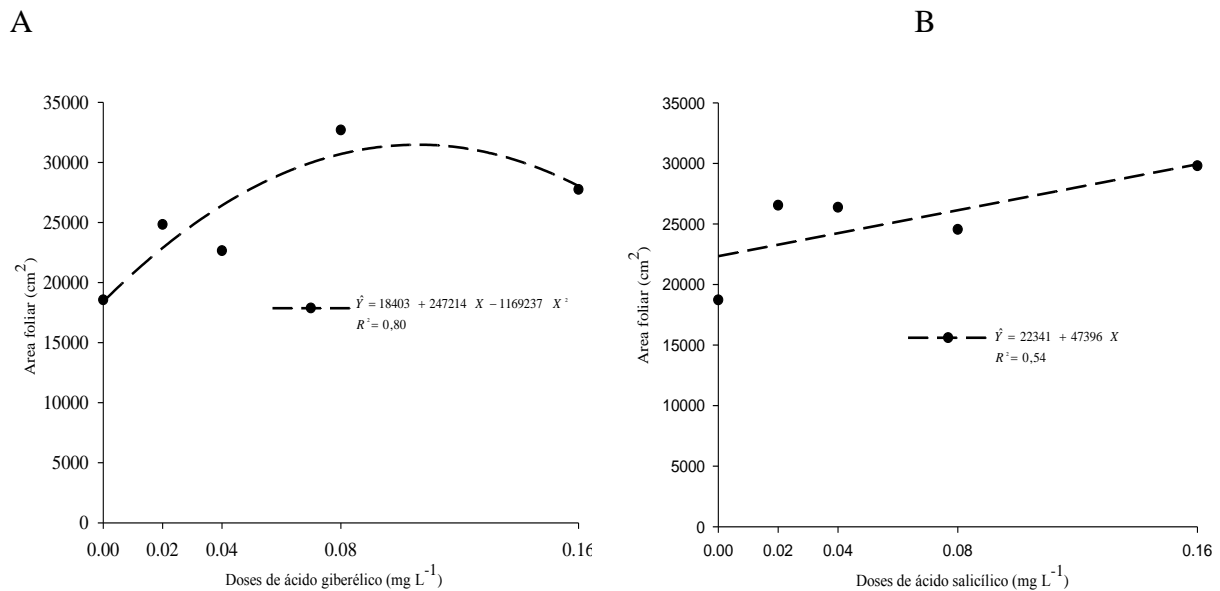
De modo geral o AS promoveu aumento considerável sobre o crescimento do caule de plantas de mamoneira. Uma das razões para tal efeito é que o AS, apesar de ser considerado como um inibidor do crescimento (CANAKCI, 2011), apresenta ação conjunta quando é aplicado na presença de GA<sub>3</sub>. Na literatura não se constataram resultados de pesquisa que relacionem crescimento em diâmetro caulinar em resposta a aplicação exógena de ácido salicílico. As pesquisas tem se concentrado basicamente na indução de resistência a patógenos (CAMARENA e DE LA TORRE, 2007), resistência ao estresse hídrico (AGARWAL et al., 2005), estresse salino (FAHAD e BANO, 2012), absorção e transporte de íons (BAGHIZADEH et al., 2012), condutância estomática (YORDANOVA e POPOVA et al., 2007), permeabilidade da membrana (AGARWAL et al. 2005; NAJAFIAN et al., 2009), fotossíntese e crescimento de plantas (KHAN et al., 2003; YORDANOVA e POPOVA et al., 2007).

#### **4.1.3 Área Foliar**

Quanto à área foliar (Figuras 7 e 8), observam-se interações significativas entre as doses de GA<sub>3</sub> e AS, aos 75 DAE, e efeitos isolados do AS e do GA<sub>3</sub> sobre esta variável, aos 60 DAE. Constatou-se resposta quadrática à aplicação de ácido giberélico na presença do AS, aos e 75 DAE, quando 0,0; 0,08 e 0,16 mg L<sup>-1</sup> de ácido salicílico e resposta linear quando se aplicaram a dose de 0,04 mg L<sup>-1</sup> deste hormônio.



**Figura 7.** Área foliar de plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em resposta à aplicação de ácido giberélico, associado ao ácido salicílico, aos 75 DAE. Campina Grande, 2012



**Figura 8.** Área foliar em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em resposta à aplicação de doses de ácido giberélico (A) e ácido salicílico (B), aos 60 DAE. Campina Grande, 2012

Aos 75 DAE, a área foliar declinou drasticamente a partir das doses 0,08; 0,086 e 0,086 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico, considerados doses ótimas, quando se associou ao AS nas doses de 0,00; 0,08 e 0,16 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 7). Por lado, houve um incremento linear sobre a área foliar da mamoneira em função da aplicação do GA<sub>3</sub> combinado a dose de 0,04 mg L<sup>-1</sup> de AS. De forma geral, observa-se que o uso associado de ácido giberélico com ácido salicílico promove efeitos benéficos sobre o crescimento da planta de forma linear desde que se utilizem



doses reduzidas de AS. Observou-se que, quando foi fixada a dose  $0,04 \text{ mg L}^{-1}$  para o  $\text{GA}_3$  na presença de AS, houve aumento linear quando aumentou as doses de  $\text{GA}_3$ , respectivamente.

A área foliar é uma das características mais representativas do crescimento da planta, pois expressa a dimensão da resposta do tratamento aplicado de uma forma mais objetiva. De acordo com os resultados observados nesta pesquisa, constata-se que tanto o  $\text{GA}_3$  como o AS promoveram incrementos favoráveis sobre esta variável desde que se utilizem doses reduzidas. Uma das possíveis razões para a obtenção deste resultado é o fato do  $\text{GA}_3$  ser um hormônio promotor dos processos de divisão e alongamento celular (TAIZ e ZEIGER, 2009; VIEIRA et al., 2011), dois importantes processos que promovem o crescimento e expansão da folha. Além disso, o  $\text{GA}_3$  participa da síntese do DNA e RNA, e da formação de algumas proteínas como ribose, bem como na multiplicação de polirribossomos (KHAN et al., 2006), contribuindo assim para maior crescimento das folhas e ampliação da área foliar das plantas, com consequente acúmulo de biomassa.

Quanto à ação benéfica do AS sobre o crescimento da planta, indicado pela área foliar, é possível relatar que este hormônio aumenta a assimilação de carbono, síntese de metabólitos e manutenção do potencial hídrico dos tecido (KHAN et al., 2003; SZEPSI et al., 2005; KARLIDAG et al., 2009; FAROOQ et al., 2010), ampliando a capacidade fotossintética da planta, o que resulta em expansão dos tecidos registrado pelo aumento da área foliar.

De forma geral a ação benéfica de um hormônio depende da época de aplicação, condições ambientais, idade dos tecidos e da receptividade das proteínas receptoras, da carga genética da cultivar, bem como da dose utilizada. Os resultados observados nesta pesquisa evidenciam que a dose tem sido um dos fatores limitantes para a mamoneira cultivar BRS Energia, visto que aos 75 DAE, as plantas apresentaram drástica redução em área foliar após a aplicação das doses de  $\text{GA}_3$ . De acordo com a literatura, uma das possíveis explicações para tal redução é que o uso de doses elevadas de ácido giberélico pode provocar ação inversa na fisiologia e metabolismo da planta, inibindo a produção de fotoassimilados nas folhas, reduzindo severamente a expansão da área foliar, e em alguns casos, promove o aparecimento de folhas anormais e em pequena quantidade (ALMEIDA e VIEIRA, 2010).

## **4.2 Variáveis fisiológicas**

### **4.2.1 Fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração e conteúdo relativo de água**

A aplicação de  $\text{GA}_3$  e do AS isolados e associados promoveram efeito significativo sobre as variáveis fisiológicas avaliadas, exceto condutância estomática e transpiração, onde não se

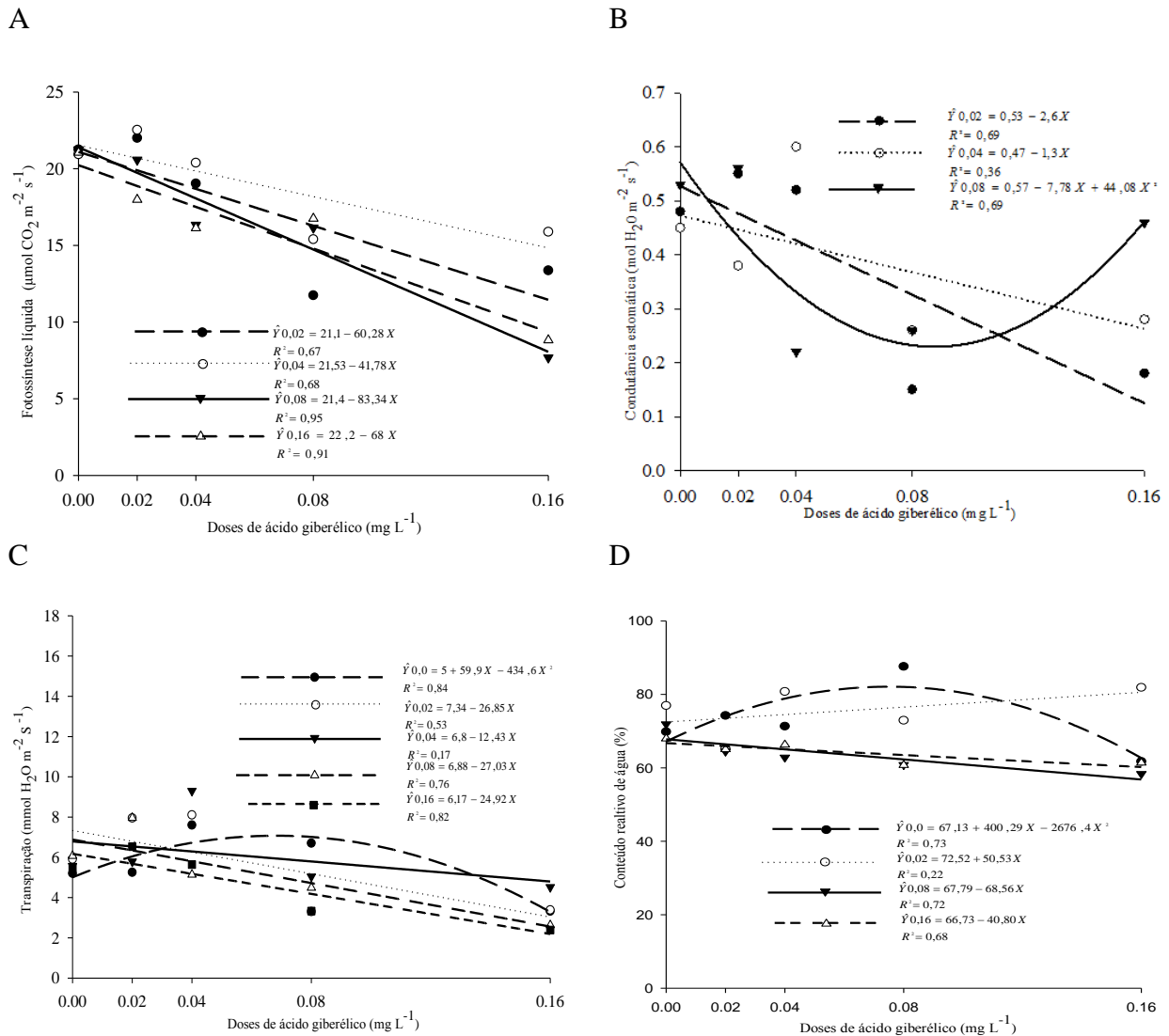
detectou resposta significativa em relação à aplicação de ácido salicílico, aos 80 DAE, (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumos das análises de variância (quadrados médios) para as variáveis: fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e conteúdo relativo de água (CRA) em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia em resposta à aplicação de diferentes doses de ácido giberélico e ácido salicílico, aos 80 DAE. Campina Grande, 2012

FV	GL	A	gs	E	CRA
GA <sub>3</sub>	4	240,1**	0,17**	49,8**	184**
AS	4	53,1**	0,02 <sup>ns</sup>	5,6 <sup>ns</sup>	513,2**
GA <sub>3</sub> x AS	16	25,8**	0,06**	5,9**	163,2**
Resíduo	75	10,1	0,02	2,2	15,9
C.V	-	17,90	42,1	27,32	5,83

\*Significância a 5% de probabilidade pelo teste F; \*\* significativo a 1% de probabilidade, ns-não significativo.

O uso combinado de pulverizações foliares de ácido giberélico e AS promoveram efeitos interativos sobre a fotossíntese líquida (Figura 9A) em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, aos 80 DAE. Observa-se que ocorreu efeito desfavorável para esta variável à medida que se incrementaram as doses de GA<sub>3</sub> na presença de todas as doses de AS testadas (Figuras 9A). Verifica-se que o aumento da dosagem do ácido giberélico promoveu redução de valores da fotossíntese líquida, chegando a percentual de redução de 45,69; 31,03; 62,29 e 53,86 % em relação à testemunha, quando foram fixadas as doses de ácido salicílico de 0,02; 0,04; 0,08 e 0,16 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Mostrando redução menor na dose fixada de AS de 0,04 mg L<sup>-1</sup>. Quanto à resposta da aplicação das doses de GA<sub>3</sub> na presença do maior nível de AS verificou-se redução da ordem de 53,86 %, considerada a maior taxa de redução sobre a fotossíntese líquida.



**Figura 9.** Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (B), Transpiração (C) e Conteúdo relativo de água (D) em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em função da aplicação de doses de ácido giberélico, na presença de ácido salicílico, aos 80 DAE. Campina Grande, 2012

É possível que a redução na fotossíntese líquida seja decorrente da diminuição da área foliar provocada pelo excesso de ácido giberélico aplicado aos tecidos da planta. Com a redução da área fotossintetizante ocorre naturalmente diminuição na captação de luz e  $\text{CO}_2$ , ocorrendo redução na produção de fotoassimilados. É provável que o uso de doses de ácido giberélico acima dos níveis críticos tenha promovido efeitos opostos sobre esta variável fisiológica, visto que o uso excessivo de ácido giberélico inibe a produção de assimilados nas folhas, reduzindo severamente a fotossíntese líquida (ALMEIDA e VIEIRA, 2010). Efeitos negativo do uso de doses supra ótimas de ácido giberélico sobre a fotossíntese líquida também foram observados por Misra et al. (2009) em plantas de vinca-de-madagáscar (*Catharanthus roseus* L.) e por Almeida

e Vieira (2010) em plantas de fumo (*Nicotiana tabacum* L.). De acordo com os autores o incremento nas doses de GA<sub>3</sub> promoveram efeitos desfavoráveis sobre esta variável de produção.

A condutância estomática é uma variável fisiológica que mede a perda de água das plantas e as trocas gasosas como forma de resposta das plantas a diversos fatores, incluindo o estresse hídrico. Um dos papéis do GA<sub>3</sub> sobre os estômatos é que este hormônio participa dos processos que impulsionam o cálcio para o interior das células guardas, aumentando a condutância estomática (SHAH, 2011). Desta forma, ocorre melhor desempenho da enzima rubisco e aproveitamento do CO<sub>2</sub>. De forma geral, o GA<sub>3</sub> é considerado um hormônio relevante nos processos fotossintéticos, produção, translocação e partição de fotoassimilados (SHAH, 2007).

Estudos realizados com a cultura de *Nigella* (*Nigella sativa* L.) evidenciam que a aplicação de GA<sub>3</sub> aumenta consideravelmente a condutância estomática, ampliando, desta forma, a capacidade fotossintética da planta, produção de fotoassimilados e produtividade (SHAH, 2011). Resultados negativos sobre a condutância estomática em resposta à aplicação de GA<sub>3</sub> foram observados nesta pesquisa (Figura 9B). Estudos realizados por Misra et al. (2009) evidenciam que o uso de GA<sub>3</sub> diminui a condutância estomática em plantas de Vinca-de-madagáscar (*Catharanthus roseus* L.) Estes resultados sugerem que há necessidades imediatas de estudos mais aprofundados acerca da definição de doses, formas de aplicação, dentre outros fatores.

O uso associado de GA<sub>3</sub> e AS promoveram efeitos negativos sobre a transpiração de plantas de mamoneira cultivar BRS Energia aos 80 DAE, sendo menos severos quando se aplicaram as doses de GA<sub>3</sub> na presença da dose de 0,04 mg L<sup>-1</sup> de AS (Figura 2C). Observou-se que a transpiração aumentou de forma quadrática em resposta a aplicação de GA<sub>3</sub> na ausência do AS, constatando-se redução para esta variável a partir da dose de 0,069 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> (Figura 9C). Nos demais casos observaram-se efeitos lineares decrescentes, verificando-se que os maiores, valores para esta variável ocorreram no nível zero de GA<sub>3</sub>, verificando-se reduções de 58,58; 29,26; 62,79 e 64,67 % nas doses de 0,02; 0,04; 0,08 e 0,16 mg L<sup>-1</sup> de AS, equivalentes em relação à testemunha. O GA<sub>3</sub> é um hormônio que interage com outros hormônios que regulam vários processos metabólicos das espécies cultivadas (IQBAL e ASHRAF, 2013), gerando incertezas e muitas teorias a respeito do papel deste hormônio sobre o crescimento da planta. Por outro lado, o AS é um dos principais hormônios utilizados na mediação dos efeitos deletérios contra os estresse, principalmente aqueles provocados por déficit hídrico (AGARWAL et al., 2005; SADEGHIPOUR e AGHAEI, 2012), salinidade (AFTAB et al., 2011), temperaturas altas ou baixas (YORDANOVA e POPOVA, 2007). Para tanto, em combinação promoveram efeitos negativos sobre a transpiração de plantas de mamoneira.

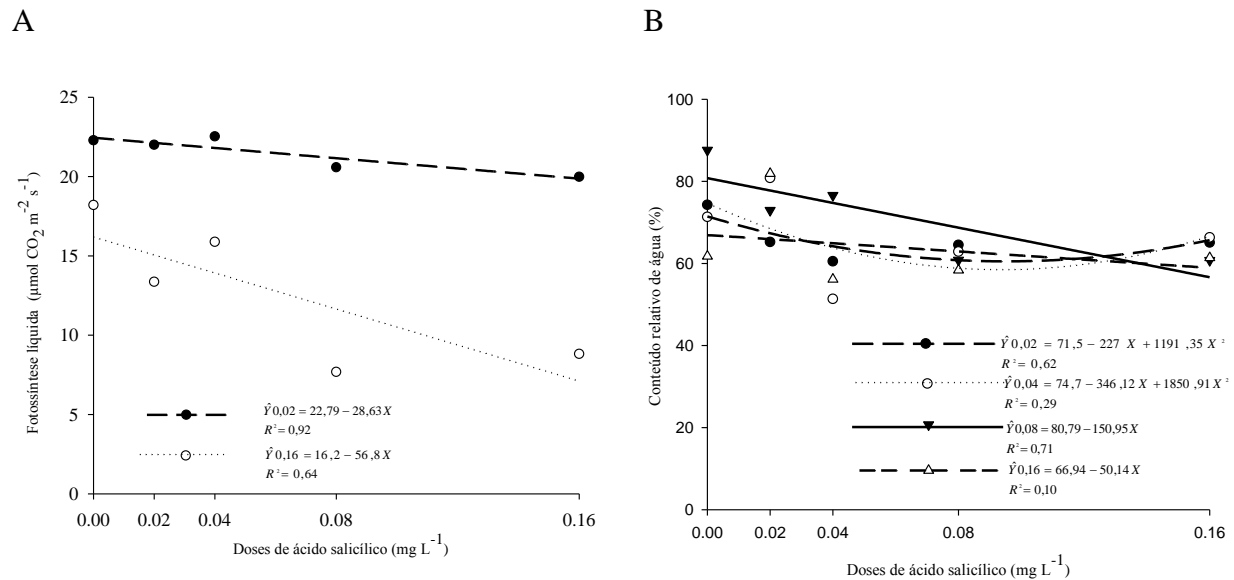
Apesar de o AS ser um hormônio de crescimento envolvido com a fotossíntese e transpiração (LIU et al., 2011), absorção e transporte de íons (BAGHIZADEH et al., 2012), mudanças anatômicas foliares e estrutura dos cloroplastos (UZUNOVA e POPOVA, 2000), permeabilidade da membrana (AGARWAL et al., 2005), abertura dos estômatos (JOON-SANG, 1998); nesta pesquisa observou-se efeitos opostos, sobre a transpiração das plantas. O simples fato da presença do AS estar em combinação com o GA<sub>3</sub> ocorreram efeitos negativos sobre a transpiração das plantas.

O conteúdo relativo de água é uma variável fisiológica que mensura a manutenção do potencial hídrico da planta (Figura 9D). De acordo com os resultados constatados observa-se que pulverizações foliares com GA<sub>3</sub> são mais eficientes quando se utilizam doses reduzidas de AS, ou de forma isolada.

De acordo com os resultados observa-se que as pulverizações com GA<sub>3</sub> foram favoráveis apenas quando se associaram este hormônio de crescimento as menores doses do AS (0,0; 0,02 mg L<sup>-1</sup>) (Figura 9D). A partir desta dose ocorreram respostas negativas sobre o conteúdo relativo de água quando se incrementaram as doses do GA<sub>3</sub>. Aparentemente a redução no conteúdo relativo de água parece estar associada com um possível acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos como aminoácidos, prolina e açúcares solúvel (SADEGHIPOUR e AGHAEI, 2012). Entre os íons inorgânicos o K<sup>+</sup> e o Na<sup>+</sup> são considerados os mais importantes por terem um papel vital na osmoregulação da planta. Como observado, o uso de doses baixas de AS associado com GA<sub>3</sub> aumentam o conteúdo relativo de água da planta. Uma das possíveis explicações para isso é o fato do AS ser considerado como um regulador osmótico, pois sua presença aumenta o nível de Ca<sup>2+</sup> no citossol da célula de algumas espécies, além de atuar como mensageiro secundário (NOREEN et al., 2011). Para Ali et al. (2012) pulverizações com GA<sub>3</sub> aumentam o potencial hídrico da folha, desde que seja usado na dose e forma de aplicação adequada.

Quanto aos efeitos das pulverizações com AS sobre a fotossíntese líquida (Figura 10A), observa-se que, de forma similar aos efeitos promovidos pela pulverização do GA<sub>3</sub>, o AS também provocou efeitos negativos sobre esta variável à medida que se incrementaram as doses quando combinado com a dose 0,02 e 0,16 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>. Observa que quando se associaram as doses de AS com a dose isolada de GA<sub>3</sub> de 0,02 mg L<sup>-1</sup>, os efeitos sobre a fotossíntese líquida foram equivalente em quase todas as doses estudadas (Figura 10A). Por outro lado, quando se isolou a dose de 0,16 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> e se estudaram as doses de AS, os efeitos foram mais pronunciados e bem mais severos, observando-se fotossíntese mínima de 7,11 (μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>) quando se pulverizaram as plantas com a maior dose de AS (Figura 10). Uma das possíveis explicações para este mecanismo negativo da aplicação de doses elevadas de AS sobre a fotossíntese líquida, foram constatados por Sánchez-Chávez et al. (2011) em plantas de pimenta

jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Chichimeca), por Liu et al. (2011) para a cultura da mamoneira cultivar Zibi, e por Sadeghipour e Aghaei (2012), em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).



**Figura 10.** Fotossíntese líquida (A) e Conteúdo relativo de água (B) em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em função da aplicação de doses de ácido salicílico, na presença de ácido giberélico, aos 80 DAE. Campina Grande, 2012

De forma geral pulverizações foliares com GA<sub>3</sub> e AS promovem efeitos negativos sobre o conteúdo relativo de água em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia (Figura 9). Aparentemente a interação entre estes dois hormônios de crescimento promoveram resposta negativa sobre esta variável, uma vez que a aplicação de ácido giberélico na ausência e na menor dose de AS incrementou o conteúdo relativo de água. Contrastando-se o tipo de resposta exibido quando se aplicaram a GA<sub>3</sub> associada ao AS e a aplicação do ácido salicílico na presença do ácido giberélico (Figura 10B), observa-se que em todos os níveis de combinação do AS com as doses de GA<sub>3</sub> ocorreu redução no conteúdo relativo de água. O AS é considerado como importante osmorregulador e antioxidante (SAEIDNEJAD et al., 2012), ampliando o potencial hídrico de plantas cultivadas em condições de estresse hídrico e salino. Apesar de seu relevante papel, não se constatou efeitos positivos da utilização deste hormônio em plantas de mamoneira, seja pela redução na superfície de absorção de água pelas raízes ou pela ineficiência das doses aplicadas, ou ainda pela ausência de estresse hídrico.

De acordo com Richards et al. (2011), a magnitude da resposta a aplicação do GA<sub>3</sub> depende principalmente da dose e da capacidade das células em utilizarem o hormônio.

Era esperado que o uso de AS e GA<sub>3</sub> promovessem aumento sobre o conteúdo relativo de água das plantas, entretanto a resposta foi bastante variável. Uma das possíveis explicações para isso é que geralmente a magnitude de resposta de uma cultura a determinado tratamento, em particular, às doses de GA<sub>3</sub> e AS dependem também da fase de crescimento da planta e das condições de condução do ensaio, além do ambiente.

#### 4.2.4 Teor de Pigmentos Fotossintetizantes

Quanto as variáveis fisiológicas teores de Clorofila a (CLA), Clorofila b (CLB), Clorofila Total (CLT) e Carotenoide (CAR), observa-se que ocorreram interações significativas entre os tratamentos para todas as variáveis, constatando-se efeitos significativos isolados da aplicação de GA<sub>3</sub> e AS, a exceção dos carotenoides para o AS (Tabela 4).

**Tabela 4.** Resumos das análises de variância (quadrados médios) para as variáveis: Clorofila a (CLA), Clorofila b (CLB), Clorofila Total (CLT) e Carotenoides (CAR) em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia em função da aplicação de diferentes doses de ácido giberélico e ácido salicílico, aos 80 DAE. Campina Grande, 2012

FV	GL	CLA	CLB	CAR	CLT
GA <sub>3</sub>	4	12131,2**	1147**	3904,7**	20429,4**
AS	4	1976,92**	237,2**	880,4 <sup>ns</sup>	1945,5**
GA <sub>3</sub> x AS	16	2400,21**	111*	928**	2113,6**
Resíduo	50	327,30	48,8	353	505,6
C.V (%)	-	12,05	20,02	18,43	12,15

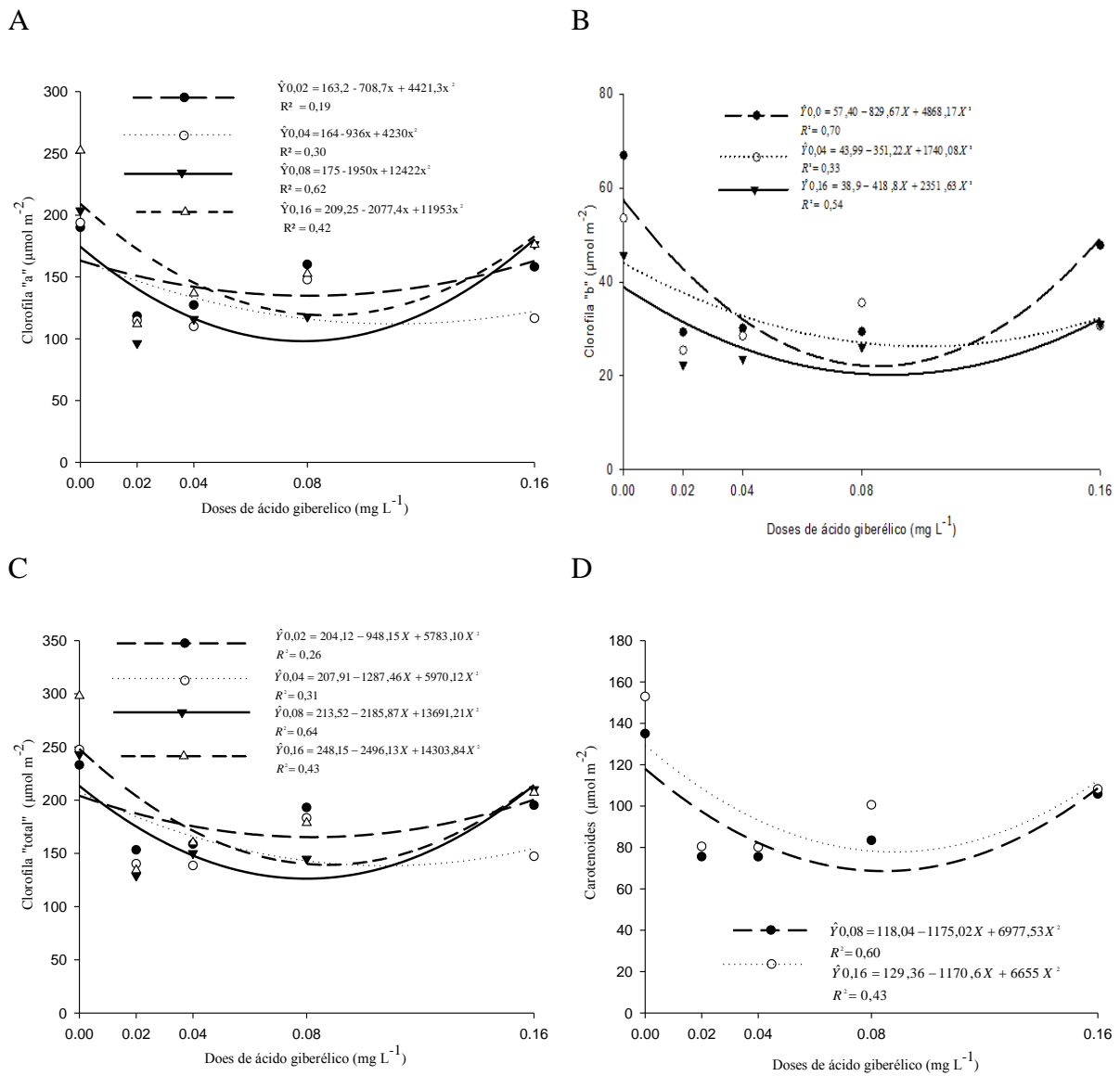
\*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; \*\* significativo a 1% de probabilidade, ns- não significativo.

Os teores de clorofila a (Figuras 11A), reduziram-se drasticamente em função da aplicação de GA<sub>3</sub> na presença do AS. Efeitos similares foram constatados para esta variável quando se aplicou o AS na presença do GA<sub>3</sub> (Figuras 11A), exceto para a aplicação isolada de AS (Figura 11A), cujos efeitos exibem aumento significativo na quantidade de clorofila a e quando se aplicaram os níveis de AS na presença de 0,16 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>. O ponto médio de mínimo que promoveu redução sobre esta variável foi de 0,089 ml L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>. A partir destas doses ocorreram novos aumentos sobre o teor de clorofila a. Resultados favoráveis da aplicação

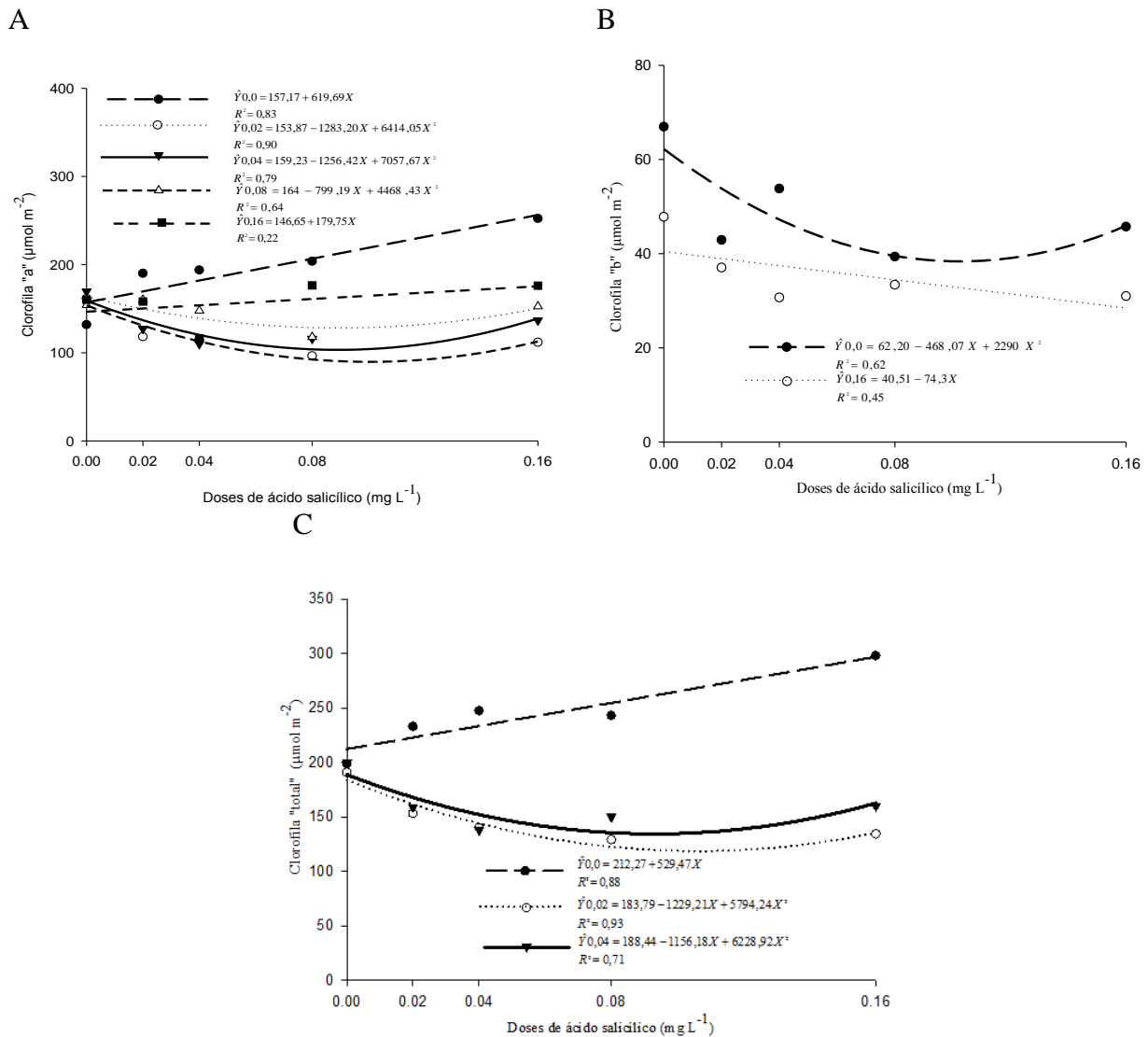
do AS sobre os teores de clorofila a foram observados por Nivedithadevi et al. (2012), os quais verificaram que o uso de pulverizações foliares com AS aumentam os teores de clorofila a da cultura do Thuthuvalai (*Solanum trilobatum* L.), aos 110 dias após a aplicação dos tratamentos. Resultados similares foram também observados por Agarwal et al. (2005); El-Tayeb et al. (2006) e El-Shraiy e Hegaz, (2009) para a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.) e pimentão (*Capsicum annuus* L.), os quais detectaram que o AS aumenta consideravelmente os teores de clorofila para estas espécies.

Alguns autores sugerem que aplicações foliares com ácido salicílico aumentam consideravelmente os teores de Clorofila a, b e outros pigmentos fotossintetizantes (EL-YAZEID, 2011). O AS aumenta a resistência do aparato fotossintético aos danos provocados pelo excesso de luz (DREW et al., 2005), calor (WANG e Li, 2006), frio (KANG et al., 2007), déficit hídrico (BIDESHKI e ARWIN, 2010; SADEGHIPOUR e AGHAEI, 2012) e estresse salino (AFTAB et al., 2011). Por outro lado, alguns resultados de pesquisa sugerem que o uso de doses inadequadas deste hormônio de crescimento pode provocar efeito inverso como o fechamento dos estômatos induzido pela síntese de ácido abscísico (ABA), além disso, tem-se observado para culturas como trigo (*Triticum aestivum* L.) que o tratamento com AS pode provocar danos severos sobre o aparato fotossintético pelo decréscimo da condutância estomática e transpiração (NEMETH et al., 2002). Os resultados desta pesquisa evidenciam que pulverizações foliares com AS reduziram consideravelmente a fotossíntese, condutância estomática, o conteúdo de clorofila, carotenoides e conteúdo relativo de água.





**Figura 11.** Teor de Clorofila a (A), clorofila b (B), clorofila total (C) e carotenoides (D) em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia, em resposta a aplicação de doses de ácido giberélico, na presença de ácido salicílico, aos 80 DAE. Campina Grande, 2012



**Figura 12.** Teor de Clorofila a (A), clorofila b (B) e clorofila total (C) em plantas de mamoneira, em resposta a aplicação de doses de ácido salicílico, na presença de ácido giberélico, aos 80 DAE. Campina Grande, 2012

Os efeitos negativos da aplicação de  $\text{GA}_3$  de forma inadequada manifestam-se nos processos metabólicos das plantas, prejudicando severamente a produção das plantas. De forma geral, a eficiência do processo fotossintético deve-se a quantidade e manutenção das clorofilas. Doses inadequadas de  $\text{GA}_3$  geralmente provocam declínio nas taxas fotossintéticas e alterações nos centros de reações do Fotossistema II, inibindo os processos enzimáticos do ciclo de Calvin (OUZOUNIDOU et al., 2010). Quanto aos efeitos negativos do  $\text{GA}_3$ , sobre os teores de clorofila, alguns autores relatam que este hormônio em doses excessiva afeta a rota de produção da clorofila e compromete seriamente o desempenho produtivo da planta. Diversos autores

constatarem efeitos similares aos observados nesta pesquisa a exemplo de (MARTINS e CASTRO, 2005), os quais verificaram que em plantas de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) tratadas com ácido giberélico ocorreu drástica redução no teor de clorofila a. Estes mesmos efeitos foram confirmados como resposta a aplicação deste hormônio em plantas de Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) (ALI et al., 2012).

Por outro lado, contrastando-se os efeitos de um hormônio na presença do outro, observa-se que a interação promoveu efeitos negativos sobre o teor de clorofila a em plantas de mamoneira cultivar BRS Energia. Efeitos negativos da aplicação do GA<sub>3</sub> combinado com o AS e do AS combinado com o GA<sub>3</sub> foram também exibidos pela variável teor de clorofila b (Figura 12B), aos 80 DAE, respectivamente. De forma similar o teor de clorofila total e carotenoides foram significativamente reduzidos em função da aplicação dos hormônios (ácido giberélico e ácido salicílico).

O teor de clorofila total e os carotenoides foram afetados de forma negativa em resposta as pulverizações foliares realizadas com GA<sub>3</sub> e AS (Figuras 11C e 11D), exceto o teor de clorofila total em função da aplicação do AS. As quantidades de clorofila a, b e total, e carotenoides depende principalmente da dose de hormônio utilizada (MANSOURI et al., 2011), pois os hormônios interferem sobre a biossíntese de terpenoides como clorofilas e carotenoides que ocorre nos cloroplastos através da rota metabólica direcionada pelas porfirinas e isoprenóides. Redução no teor de clorofila em resposta a aplicação de GA<sub>3</sub> tem sido relatadas para algumas plantas cultivadas como trigo (MISRA e BISWAL, 1980), Pêssego (MONGE et al., 1994), arroz (YIM et al., 1997) e ervilha (BORA e SARMA, 2006).

Os carotenoides são pigmentos que participam do sistema de proteção das plantas contra diversos tipos de estresses como o estresse ao calor e temperatura. De acordo com Mansouri et al. (2011) a redução no teor deste pigmento deve-se provavelmente ao mesmo mecanismo que ocorre com as clorofilas, pois ambos os pigmentos são controlados e acumulados pelo mesmo mecanismo. As mudanças nos teores de clorofila e carotenoides parecem estar associadas às atividades da enzima ribulose - 1,5 - bifosfato carboxilase/oxigenase (rubisco) que em resposta a ação excessiva do GA<sub>3</sub> apresenta desempenho limitado quanto a sua síntese.

## 5. CONCLUSÕES

1. O ácido giberélico aumenta o crescimento das plantas de mamoneira cultivar BRS Energia nos períodos estudados (45, 60 e 75 dias), com a magnitude dependendo da dosagem do ácido salicílico;
2. A área foliar por plantas é reduzida a partir da dose média de  $0,08 \text{ mg L}^{-1}$  de ácido giberélico aos 75 dias após a emergência;
3. A taxa de fotossíntese líquida é reduzida pelo ácido giberélico com ou sem a presença do ácido salicílico, com efeitos lineares aos 80 dias após a emergência;
4. Os pigmentos clorofila a, b, total e carotenoides, e o conteúdo relativo de água, a taxa de transpiração e a condutância estomática, se reduzem a partir da aplicação de  $0,02 \text{ mg L}^{-1}$  de ácido giberélico e ácido salicílico, evidenciando elevada sensibilidade da mamoneira cultivar BRS Energia às pulverizações com estes hormônios.

## 7. REFERÊNCIAS

- ABDELKADER, A. F.; HASSANEIN, R. A.; ALI, H. Studies on effects of salicylic acid and thiourea on biochemical activities and yield production in wheat (*triticum aestivum* var. gimaza 9) plants grown under drought stress. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 64, p. 12728-12739, 2012.
- AFTAB, T.; KHAN, M. M. A.; SILVA, J. A. T.; IDREES, M.; NAEEM, M. MOINUDDIN. role of salicylic acid in promoting salt stress tolerance and enhanced artemisinin production in *Artemisia annua* L. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 30, n. 4, p. 425-435, 2011.
- AGARWAL, S.; SAIRAM, R. K.; SRIVASTAVA, G. C.; MEENA, R. C. Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. **Biologia Plantarum**, v. 49, n. 4, p. 541-550, 2005.
- ALI, E. A.; MAHMOUD, A. M. Effect of foliar spray by difference salicylic acid and zinc concentrations on seed yield components of Mungbean in sandy soil. **Asian Journal of Crop Science**, v. 5, n.1, p. 33-40, 2013.
- ALI, H. M.; SIDDIQUI, M. H.; BASALAH, M. O.; AL-WHAIBI, M. H.; SAKRAN, A. M.; AL-AMRI, A. Effects of gibberellic acid on growth and photosynthetic pigments of *Hibiscus sabdariffa* L. under salt stress. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 4, p. 800-804, 2012.
- ALMEIDA, A. Q.; VIEIRA, E. L. Gibberellin action on growth, development and production of tobacco. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 9, n. 1, p. 45-57, 2010.
- ARFAN, M.; ATHAR, H. R.; ASHRAF, M. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress ?. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, n. 6, p. 685-694, 2007.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in beta vulgaris. **Plant Physiology**, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.

BAGHZADEH, A.; SHAHBA, Z.; YOUSEFI, M.; SAEEDPOUR, A.; KHOSRAVI, S. The study of salicylic acid effect on contained elements as sodium, potassium, iron and zinc in tomato plant (*Lycopersicon esculentum* mill), cultivar rio grand, under nacl salinity stress. **International journal of Agronomy and Plant Production**. v. 3, n. 11, p.521-526, 2012.

BELTRÃO, N. E. M.; FIDELIS FILHO, J.; FIGUEIRÊDO, I. C. M. Uso adequado de casa de vegetação e de telados na experimentação agrícola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 547-552, 2002.

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G.; SANTOS, J. W.; JERÔNIMO, J. F.; COSTA, F. X.; LUCENA, A. M. A.; QUEIROZ, U. C. Fisiologia da mamoneira, cultivar BRS 149 Nordeste, na fase inicial de crescimento, submetida a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras**, v. 7, n. 1, p. 659-664, 2003.

BERTOZZO, F.; LARA, A. C. C.; ZANOTTO, M. D. Melhoramento genético da mamona visando incremento de flores femininas. **Revista Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 271-277, 2010.

BIDESHKI, A.; ARVIN, M. J. Effect of salicylic acid (sa) and drought stress on growth, bulb yield and allicin content of garlic (*Allium sativum*) in field, **Plant Ecophysiology**. v. 2, n. 2, p. 73-79, 2010.

BORA, R. K.; SARMA, C. M.; Effect of gibberellins acid and cycocel on growth, yield and protein content of pea. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 5, n. 2, p. 324-330, 2006.

ÇAG, S.; CEVAHIR-ÖZ, G.; SARSAG, M.; GÖREN-SAGLAM, N. Effect of salicylic acid on pigment, protein content and peroxidase activity in excised sunflower cotyledons. **Pakistan Journal of Botany**, v. 41, n. 5, p. 2297-2303, 2009.

CAMARENA, G. G.; DE LA TORRE.; A. R. Resistencia sistémica adquirida en plantas: estado actual. **Revista Chapingo**, v. 13, n. 2, p. 157-162, 2007.

CANAKCI, S. Effect of salicylic acid on growth, biochemical, constituents in pepper (*Capsicum annuum* L.). **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 14, n. 4, p. 300-304, 2011.

CANGEMI, J. M.; SANTOS, A. M.; CLARO NETO, S. A revolução verde da mamona. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 1, p. 3-8, 2010.

CARDOSO, G. D.; ALVES, P. L. C. A.; BELTRÃO, N. E. M.; BARRETO, A. F. Uso da análise de crescimento não destrutiva com ferramenta para avaliação de cultivares. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 79-84, 2006.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: primeiro levantamento da safra 2012/2013, outubro, 2012.** Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_10\\_09\\_15\\_59\\_18\\_boletim\\_portugues\\_outubro\\_2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_10_09_15_59_18_boletim_portugues_outubro_2012.pdf). Acesso em: 04 Fev. 2013.

DANTAS, A. C. V. L.; QUEIROZ, J. M. O.; VIEIRA, E. L.; ALMEIDA, V. O. Effect of gibberelic acid and the biostimulant stimulant® on the initial growth of tamarind. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 8-14, 2012

DAWOOD, M. G.; SADAK, M. S.; HOZAYEN, M. Physiological role of salicylic acid in improving performance, yield and some biochemical aspects of sunflower plant grown under newly reclaimed sandy soil. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 6, n. 4, p. 82-89, 2012.

DREW, J. E.; ARTHUR, J. R.; FARQUHARSON, A. J.; RUSSELL, W. R.; MORRICE, P. C. DUTHIE, G. G. Salicylic acid modulates oxidative stress and glutathione peroxidase activity in the rat colon. **Biochemical Pharmacology**, v. 70, n. 6, p. 888-893, 2005.

DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B.; MORGADO, L. B.; BELTRÃO, N. E. M.; SEVERINO, L. S. **Cultivo da Mamoneira para o Semi-Árido Brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2008. 14p. (Embrapa Semi-Árido. Circular Técnica, 8).

EL-SHRAIY, A. M.; HEGAZI, A. M. Effect of acetylsalicylic acid, indole-3- bytric acid and gibberellic acid on plant growth and yield of pea (*Pisum sativum* L.). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 3, n. 4, p. 3514-3523, 2009.

EL-TAYEB, M. A.; ENANY, E. A. E.; AHMED, E. N. L. Salicylic acid-induced adaptive response to copper stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Plant Growth Regulation**, v. 50, v. 2-3, p. 191-199, 2006.

EL-YAZEID, A. A. Effect of foliar application of salicylic acid and chelated zinc on growth and productivity of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under autumn planting. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 7, n. 6, p. 423-433, 2011.

FAHAD, S.; BANO, A. Effect of salicylic acid on physiological and biochemical characterization of maize grown in saline area. **Pakistan Journal of Botany**, v. 44, n. 4, p. 1433-1438, 2012.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; LEE, D. J.; CHEEMA, S. A.; AZIZ, T. Drought stress: comparative time course action of the foliar applied glycinebetaine, salicylic acid, nitrous oxide, brassinosteroids and spermine in improving drought resistance of rice. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 196, n. 5, p. 336-345, 2010.

HABIBI, G. Exogenous salicylic acid alleviates oxidative damage of barley plants under drought stress. **Acta Biologica Szegediensis**, v. 56, n. 1, p. 57-63, 2012.

HAYAT, Q.; HAYAT, S.; ALYEMENI, M. N.; AHMAD, A. Salicylic acid mediated changes in growth, photosynthesis, nitrogen metabolism and antioxidant defense system in *Cicer arietinum* L. **Plant, Soil Environment**. v. 58, n. 9, p. 417-423, 2010.

IQBAL, M.; ASHRAF, M.; Gibberellic acid mediated induction of salt tolerance in wheat plants: growth, ionic partitioning, photosynthesis, yield and hormonal homeostasis. **Environmental and Experimental Botany**, v. 86, p. 76-85, 2013.

JOON-SANG, L. The mechanism of stomatal closing by salicylic acid in *Commelina communis* L. **Journal of Plant Biology**, v. 41, n. 2, p. 97-102, 1998.

KANG, GUO-ZHANG, WANG, ZHENG-XUN, XIA, KUAI-FEI.; SUN, GU-CHOU. Protection of ultrastructure in chilling-stressed banana leaves by salicylic acid. **Journal Zhejiang univ science**, v. 8, n. 4, p. 277-282, 2007.

KARLIDAG, H.; YILDIRIM, E.; TURAN, M. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 2, p. 180-187, 2009.

KAVINA, J.; GOPI, R.; PANNEERSELVAM, R. Traditional and nontraditional plant growth regulators alter the growth and photosynthetic pigments in *Mentha piperita* linn. **International Journal of Environmental Sciences**, v. 1, n. 7, p. 124-134, 2011.

KAYDAN, D.; YAĞMUR, M.; OKUT, N. Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). **Tarim Bilimleri Dergisi**, v. 13, n. 2, p. 114-119, 2007.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

KHAN, M. M. A.; GAUTAM, C.; MOHAMMAD, F.; SIDDIQUI, M. H.; NAEEM, M.; KHAN, M. N. Effect of gibberellic acid spray on performance of tomato. **Turkish Journal of Biology**, v. 30, n. 1, p. 11-16, 2006.

KHAN, N. A.; SYEED, A.; MASOOD, R.; NAZAR, R.; IGBAL, N. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mugbean and alleviates adverse effects of salinity stress. **International Journal Plant Biology**, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2010.

KHAN, W.; PRITHIVIRAJ, B.; SMITH, D. L. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. **Journal of Plant Physiology**, v. 160, n. 5, p. 485-492, 2003.

LEITE, V. M.; ROSOLEM, C. A.; RODRIGUES, J. D. Gibberellin and cytokinin effects on soybean growth. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 3, p. 537-541, 2003.

LIMA, M. G. S.; MENDES, C. R.; MORAES, D. M.; RODRIGUES, M. A. V. Qualidade fisiológica de sementes de mamona submetidas a diferentes concentrações de giberelina. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 738-740, 2007.

LIU, C.; GUO, J.; CUI, Y.; LÜ, T.; ZHANG, X.; SHI, G. Effects of cadmium and salicylic acid on growth, spectral reflectance and photosynthesis of castor bean seedlings. **Plant and Soil**, v. 344, n. 1-2, p. 131-141, 2011.



LUO, M. H.; YUAN, S.; CHEN, Y. E.; LIU, W. J.; DU, J. B.; LEI, T.; WANG, M. B.; LIN, H. H. Effects of salicylic acid on the photosystem 2 of barley seedlings under osmotic stress. **Biologia Plantarum**, v. 53, n. 4, p. 663-669, 2009.

MAIA, F. C.; MORAES, D. M.; MORAES, R. C. P. Ácido salicílico: efeito na qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, n. 22, n. 1, p. 264-270, 2000.

MAITY, U.; BERA, A. K. Effect of exogenous application of brasinolide and acid on certain physiology and biochemical aspects of gram (*Vigna radiate* L. Wilczek). **Indian Journal Agriculture Research**, v. 43, n. 3, p. 194-199, 2009

MANSOURI, H.; ASRAR, Z.; AMOROWICZ, R. The response of terpenoids to exogenous gibberellic acid in *Cannabis sativa* L. at vegetative stage. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 33, n. 4, p. 1085-1091, 2011.

MARTINS, M. B. G.; CASTRO, P. R. C. Efeitos da aplicação de reguladores vegetais sobre o teor de clorofila de folhas de *Lycopersicon esculentum* Mill. **Revista Hispeci e Lema**, V.8, P. 32-35, 2005.

MATSUMOTO, K. Giberelinas em plantas superiores: síntese e propriedades fisiológicas. In: CID, L. P. B. **Hormônios vegetais em plantas superiores**. 1. ed. Brasília: Embrapa Recursos genéticos e biotecnologia, 2005, p. 80-101.

MISRA, A. N, BISWAL, U. C. Effect of phytohormones on chlorophyll degradation during aging of chloroplasts in vivo and in vitro. **Protoplasma**, v. 105, n. 1-2, p. 1-8, 1980

MISRA, A.; SRIVASTAVA, N. K.; SRIVASTAVA, A. K.; KHAN, A. Influence of etherel and gibberellic acid on carbon metabolism, growth, and alkaloids accumulation in *Catharanthus roseus* L. **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 3, n. 11, p. 515-520, 2009.

MODESTO, J. M.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. Ácido giberélico e o desenvolvimento de plântulas de tangerina. Cleópatra. (*Citrus reshni* hort. ex. Tanaka). **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 2, p. 289-294, 1999.

MODESTO, J. M.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. Efeito do ácido giberélico sobre o comprimento e diâmetro do caule de plântulas de limão. Cravo. (*Citrus limonia* Osbeck). **Scientia Agrícola**, v. 53, n. 2-3, p. 332-337, 1996.

MOHAREKAR, S. T.; LOKHANDE, S. D.; HARA, T.; TANAKA, R.; TANAKA, A. Effect of salicylic acid on chlorophyll and carotenoid contents of wheat and moong seedlings. **Photosynthetica**, v. 41, n. 2, p. 315-317, 2003.

MONGE, E, AGUIRRE, R, BLANCO, A. Application of paclobutrazol and ga<sub>3</sub> to adult peach trees: effects on nutritional status and photosynthetic pigments. **Journal of Plant Growth Regulation**. v. 13, n. 1, p. 15-19, 1994

MOSTAFA, H. A. M.; EL-BASSIOUNY, H. M. S.; KHATTAB, H. K. I.; SADAK, M. S. Improving the characteristics of roselle seeds as a new source of protein and lipid by gibberellin and benzyladenine application. **Journal of Applied Sciences Research**, v. 1, n. 2, p. 161-167, 2005.

MUNNÉ-BOSCH, S.; PEÑUELAS, J.; LLUSIA, J. A deficiency in salicylic acid alters isoprenoid accumulation in water-stressed nahg transgenic Arabidopsis plants. **Plant Science**, v. 172, n. 4, p. 756-762, 2007.

NAJAFIAN, S.; KHOSHKHUI, M.; TAVALLALI, V.; SAHARKHIZ, M. J. Effect of salicylic acid and salinity in thyme (*Thymus vulgaris* L.): investigation on changes in gas exchange, water relations, and membrane stabilization and biomass accumulation. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 3, n. 3, p. 2620-2626, 2009.

NEMETH, M. T.; JANDA, E.; HOVARTH, E.; PALDI, E.; SZALI, G. Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. **Plant Science**, v. 162, n. 4, p. 569-574, 2002.

NIVEDITHADEVI, D.; SOMASUNDARAM, R.; PANNERSELVAM, R. Effect of abscisic acid, paclobutrazol and salicylic acid on the growth and pigment variation in *Solanum Trilobatum*. **International Journal of Drug Development e Research**, n. 3, v. 4, p. 236-246, 2012.

NOBRE, J. G. A. **Respostas da mamona à irrigação e à aplicação de potássio em Argissolo Vermelho-Amarelo**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2007. 71p. Dissertação Mestrado.

NOREEN, S.; ASHRAF, M.; AKRAM, N. A. Does exogenous application of salicylic acid improve growth and some key physiological attributes in sunflower plants subjected to salt stress ?. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 84, n. 2, p. 169-177, 2011.

NORMAN, C.; HOWELL, K. A.; MILLAR, R. A. H.; WHELAM, J. M.; DAY, D. A. Salicylic acid is an uncoupler and inhibitor of mitochondrial electrons transport. **Plant physiology**, v. 134, n. 1, p. 492-501, 2004.

OUZOUNIDOU, G.; ILIAS, I.; GIANNAKOULA, A.; PAPADOPOULOU, P. Comparative study on the effects of various plant growth regulators on growth, quality and physiology of *Capsicum annum*. **Pakistan Journal of Botany**, v. 42, n. 2, p. 805-814, 2010.

PEIXOTO, C. P.; SALES, F. J. S.; VIEIRA, E. L.; PASSOS, A. R.; SANTOS, J. M. S. Ação da giberelina em sementes pré-embebidas de mamoneira. **Comunicata Scientiae**, v. 2, n. 2, p. 70-75, 2011.

PEREIRA, J. E. S; FORTES, G. R. L; SILVA, J. B. Crescimento de plantas micropropagadas de macieira em casa de vegetação com aplicações de ácido giberélico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 6, p. 881-886, 2010.

POPOVA, L.; ANANIEVA, E.; HRISTOVA, V.; CHRISTOV, K.; GEORGIEVA, K.; ALEXIEVA, V.; STOINOVA, Z. T. Salicylic acid - and methyl jasmonate – induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, v. 29, n. 3-4, p. 133-152, 2003.

PRADO, C. H. B. A.; MORAES, J. A. P. V. Photosynthetic capacity and specific leaf mass in twenty woody species of Cerrado vegetation under field conditions. **Photosynthetica**, v. 33, n. 1, p. 103-112, 1997.

RASKIN, I. Salicylate, a New Plant Hormone. **Plant Physiology**, v. 99, p.799-802, 1992.

RATUSHNYAK, A. Y.; RATUSHNYAK, A. A.; ANDREEVA, M. G.; KAYUMOV, A. R.; BOGACHEV, M. I.; TRUSHIN, M. V. Effect of lead and salicylic acid on some plant growth parameters in *Pisum sativum* L. **World Applied Sciences Journal**, v. 19, n. 8, p.1157-1159, 2012.

RICHARDS, D. E.; KING, K. E.; AIT-AIT, T.; HARBERAD, N. P. How gibberellins regulate plant growth and genetic analyses of gibberellins signaling. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 52, p. 67-88, 2001.

RODRIGUES, T. J. D.; LEITE, I. C. **Fisiologia vegetal - hormônios das plantas**. Jaboticabal: Unesp, 2004.

SADEGHIPOUR, O.; AGHAEI, P. Impact of exogenous salicylic acid application on some traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water stress conditions. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 4, n. 11, p. 685-690, 2012.

SAEIDNEJAD, A. H.; MARDANI, H., NAGHIBOLGHORA, M. Protective effects of salicylic acid on physiological parameters and antioxidants response in maize seedlings under salinity stress. **Journal of Applied Environmental and Biological Sciences**. v. 2, n. 8, p. 364-373, 2012

SHAH, S. H. Photosynthetic and yield responses of nigella sativa l. to pre-sowing seed treatment with ga<sub>3</sub>. **Turkish Journal of Biology**, v. 31, n. 2, p. 103-107, 2007.

SHAH, S. H.; TAK, H. I. Evaluation of soaking and spray treatments with ga<sub>3</sub> to black cumin (*Nigella sativa* L.) In relation to growth, seed and oil yields. **Genetics and Plant Physiology**, v. 1, n. 1-3, p. 119-129, 2011.

SÁNCHEZ-CHÁVEZ, E.; BARRERA-TOVAR, R.; MUÑOZ-MÁRQUEZ, E.; OJEDA-BARRIOS, D. L.; ANCHONDO-NÁJERA, A. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v.17, n.1, p. 63-68, 2011.

SÁNCHEZ, G. R.; MERCADO, E. C.; PEÑA, E. B.; DE LA CRUZ, H. R.; PINEDA, E. G. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. **Revista de las Ciencias Biológico Agropecuarias**, v. 12, n. 2, p. 90-95, 2010.

SEVERINO, L. S.; LIMA, C. L. D.; BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D.; FARIAS, V. A. **Comportamento da Mamoneira Sob Encharcamento do Solo**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 14p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 57).

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; SANTOS, J. W. Método para determinação da área foliar da mamoneira. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 753-762, 2004.

SOUSA JÚNIOR, I. F. **A influência da urbanização no clima da cidade de Campina Grande-PB**. Campina Grande, PB, 2006. 94f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande/UFPG.

SILVA, S. M. S. E.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. DE M.; SANTOS, J. W.; SOARES, F. A. L. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 4, n. 3, p. 338-348, 2009.

SRIVASTAVA, N. K.; SRIVASTAVA, A. K. Influence of gibberellic acid on CO<sub>2</sub> metabolism, growth, and production of alkaloids in *Catharanthus roseus* L. *Photosynthetica*, v. 45, n. 1, p. 156-160, 2007.

STEFANINI, M. B.; RODRIGUES, S. D.; MING, L. C. Ação de fitorreguladores no crescimento da erva-cidreira-brasileira. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 1, p. 18-23, 2002.

SUJATHA, M.; REDDY, T. P.; MAHASI, M. J. Role of biotechnological interventions in the improvement of castor (*Ricinus communis* L.) and *Jatropha curcas* L. *Biotechnology Advances*, v. 26, n. 5, p. 424-435, 2008.

SZEPESI, A.; CSISZAR, J.; BAJKAN, S.; GEMES, K.; HORVATH, F.; ERDEI, L.; DEER, A.K.; SIMON, M.L.; TARI, I. Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt- and osmotic stress. *Acta Biologica Szegediensis*, v. 49, n. 1-2, p. 123-125, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TAVARES, A. R.; AGUIAR, F. F. A.; SADO, M.; KANASHIRO, S.; CHU, E. P.; LIMA, G. P. P.; LUZ, P. B.; MODOLO, V. A. Efeito da aplicação de ácido giberélico no crescimento da palmeira-ráfia. *Revista Árvore*, v. 31, n. 6, p. 999-1004, 2007

VIEIRA, M. R. S.; SOUZA, A. V.; SANTOS, C. M. G.; ALVES, L. S.; CERQUEIRA, R. C.; PAES, R. A.; SOUZA, A. D.; FERNANDES, L. M. S. Stem diameter and height of chrysanthemum cv Yoko ono as affected by gibberellic acid. *African Journal of Biotechnology*, v. 10, n. 56, p. 11943-11947, 2011.

VIEIRA NETO, A. **Produtor de mamona**. Fortaleza: edições Demócrito Rocha; Instituto centro de ensino tecnológico, 2008. (coleção cadernos tecnológicos).

VICHIATO, M. R. M.; VICHIATO, M.; CASTRO, D. M.; DUTRA, L. F.; PASQUAL, M. Alongamento de plantas de (*Dendrobium nobile* Lindl.) com pulverização de ácido giberélico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 16-20, 2007.

WANG, LI-JUN.; LI, SHAO-HUA. Salicylic acid-induced heat or cold tolerance in relation to  $Ca^{2+}$  homeostasis and antioxidant systems in young grape plants. **plant science**, v. 170, n. 4, p. 685-694, 2006.

WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of cotton plant. I the field measurement of water deficits in leaves. **New Physiologist**, v. 49, n. 1, p. 81-97, 1950.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v. 144, n. 3, p. 307-313, 1994.

YIM, K.O.; KWON, Y, W.; BAYER, D. E. Growth responses and allocation of assimilates of rice seedlings by paclobutrazol and gibberellin treatment. **Journal of Plant Growth Regulation**. v. 16, n. 1, p. 35-41, 1997.

YORDANOVA, R.; POPOVA, L. Effect of exogenous treatment with salicylic acid on photosynthetic activity and antioxidant capacity of chilled wheat plants. **General and Applied Plant Physiology**, v. 33, n. 3-4, p. 155-170, 2007.

UZUNOVA, A. N.; POPOVA, L. P . Effect of salicylic acid on leaf anatomy and chloroplast ultrastructure of barley plants. **Photosynthetica**, v. 38, n. 2, p. 243-250, 2000.