

## A AÇÃO DOS BRASSINOSTERÓIDES NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE PINHÃO MANSO SOB DÉFICIT HÍDRICO

Patrícia Souza da Silveira<sup>1</sup> José Paulo Carneiro Custódio<sup>2</sup> Frederico da Costa Mendes Silva<sup>2</sup> Alainy Carla de Souza Nascente<sup>2</sup> Camilla Lôrena Monteiro<sup>2</sup> Fabio Santos Matos<sup>3</sup>

### RESUMO:

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito dos brassinosteróides no crescimento de mudas de pinhão sob déficit hídrico. O experimento foi realizado na Universidade Estadual de Goiás, Unidade de Ipameri- Goiás, em casa de vegetação com 100% de interceptação da radiação solar. As mudas de *Jatropha curcas*, foram plantadas em vasos de cinco litros, contendo uma mistura de solo, areia e esterco na proporção de 3:1:0,5, respectivamente. O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 3x5 [hormônio (0,0, 0,25 e 0,50mg L<sup>-1</sup>) x restrição hídrica (níveis de suprimento hídrico: 20%, 40%, 60%, 80% e 100% da evapotranspiração diária)] em três repetições. Após 15 dias de imposição dos tratamentos foram avaliadas características morfofisiológicas, transpiração, teor relativo de água, pigmentos fotossintéticos e extravasamento de eletrólitos. Os dados foram submetidos à análise de variância, com médias comparadas empregando-se o teste de Newman-Keuls ao nível 5% de probabilidade. A aplicação de brassinosteróides via foliar não amenizou os efeitos do déficit hídrico nas plantas, interferindo decisivamente no crescimento do pinhão manso. Houve menor área foliar com a pulverização com solução de 0,25mg L<sup>-1</sup> associado a menor evapotranspiração.

**Palavras-chave:** análise de crescimento; déficit hídrico; *Jatropha curcas*.

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma, Pós doutora FAPEG Capes, Universidade Estadual de Goiás-UEG, Rodovia GO 330, Km 241, Anel Viário, CEP: 75780-000, Ipameri (GO), Brasil. patyagrovida@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Estudantes de Agronomia, Grupo de pesquisa Fisiologia da Produção, Universidade Estadual de Goiás-UEG, Rodovia GO 330, Km 241, Anel Viário, CEP: 75780-000, Ipameri (GO), Brasil. ze.paulo2@hotmail.com; freddie01@hotmail.com; alainynascente@gmail.com; monteiro@hotmail.com

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Dsc. Prof. Fisiologia Vegetal, supervisor do Grupo de Pesquisa Fisiologia da Produção da Universidade Estadual de Goiás-UEG, Rodovia GO 330, Km 241, Anel Viário, CEP: 75780-000, Ipameri (GO), Brasil. fabio.agronomia@hotmail.com

## **ACTION OF THE BRASSINOSTEROIDS ON THE GROWTH OF JATROPHA SEEDLINGS UNDER WATER DEFICIT.**

### **ABSTRACT:**

This study aimed to evaluate the effect of brassinosteroids on the growth of *Jatropha* seedlings under drought conditions. The experiment was conducted at the State University of Goiás, Ipameri- Goiás Unit, in a greenhouse at 100% interception of solar radiation. The seedlings of *Jatropha curcas* were planted in five-gallon pots containing a mixture of soil, sand and manure in the proportion of 3:1:0.5 respectively. The experiment was conducted in a completely randomized design in a factorial 3x5 [hormone (0.0; 0.25 and 0.50mg L<sup>-1</sup>) x water restriction (water supply levels: 20%, 40%, 60%, 80% and 100% of the daily evapotranspiration)] in three replications. After 15 days of imposition of the treatments, morphophysiological characteristics, sweating, relative water content, photosynthetic pigments and electrolyte leakage were evaluated. The data were subjected to variance analysis, in which averages were compared using the Newman-Keuls test at 5% probability. The foliar application of brassinosteroids failed to alleviate the effects of drought on plants, decisively interfering with the growth of the *Jatropha*. There was decreased leaf area with the spraying solution of 0.25 mg L<sup>-1</sup> associated with lower evapotranspiration.

**Keywords:** growth analysis; water deficit; *Jatropha curcas*.

## INTRODUÇÃO

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma planta arbórea da família Euphorbiaceae. Em processo de domesticação, por ser uma planta oleaginosa potencialmente viável para a obtenção do biodiesel (Rocha et al., 2012), pelo seu elevado teor de óleo (30-45%) de excelente qualidade nas sementes (Matos et al., 2013), é considerada uma cultura adaptada às mais diversas condições edafoclimáticas, sobrevivendo bem em condições de solos marginais e de baixa fertilidade natural (Arruda et al., 2004), uma planta “rustica” ainda necessitando de técnicas de manejo adequadas, a exemplo da irrigação (Simões et al., 2014).

A limitação na disponibilidade de água faz com que as plantas apresentem redução em suas atividades metabólicas, ocasionando deficiência quanto ao crescimento e translocação de nutrientes minerais refletindo na sua produtividade. Apesar da “rusticidade” do pinhão manso e da certa tolerância à seca, graças a características anatômicas, morfológicas e fisiológicas, a expressão dessa espécie depende de condições como necessariamente a severidade do déficit hídrico (Beltrão, 2006; Matos et al., 2012), pois seu máximo potencial produtivo é alcançado com uso de irrigação (Matos et al., 2013). Os estresses ambientais têm um impacto direto sobre o aparato fotossintético, nos componentes da fotossíntese, transporte de elétrons e controle estomático, ocasionando a peroxidação de lipídios (Anjum et al., 2011) e influenciando diretamente do desenvolvimento da cultura.

Pouco ainda se conhece sobre a bioquímica e a fisiologia do pinhão manso, não existem

cultivares definidos e alguns aspectos agrônômicos ainda carecem de investigação como o uso de biorreguladores aliados ao déficit hídrico. Os reguladores vegetais são substâncias naturais ou sintéticas que podem ser aplicados diretamente nas plantas via foliar ou solo, ocasionando alterações em seus processos vitais e estruturais que podem incrementar produção e melhorar a qualidade de culturas de interesse econômico (Laca-Buendia, 1989). Nesse contexto, tem se destacado recentemente o uso dos Brassinosteróides (BRS), hormônio da classe dos esteroides, responsáveis por inúmeros processos morfogênicos e fisiológicos nos vegetais como alongamento e divisão celular, fotossíntese, fotomorfogênese, florescimento, germinação de sementes, desenvolvimento radicular e resposta ao estresse biótico/abiótico (Clouse et al., 1996; Sharma et al., 2008).

O uso de biorreguladores tem mostrado grande potencial no aumento da produtividade em grandes culturas, embora sua utilização ainda não seja uma prática rotineira em culturas que não atingiram alto nível tecnológico (Vieira e Castro, 2001). Portanto, a compreensão do mecanismo de resposta de regulação BRs é fundamental para a promoção do desenvolvimento agrícola e aumentar a produtividade da cultura de pinhão manso, melhorando as condições de crescimento da planta. Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito dos brassinosteróides no crescimento de mudas de pinhão sob déficit hídrico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás, unidade de Ipameri (Lat. 17<sup>o</sup> 43' 19" S, Long. 48<sup>o</sup>

09' 35'' W, Alt. 773 m), Ipameri, Goiás. As sementes de *Jatropha curcas* foram semeadas em vasos de cinco litros contendo uma mistura de solo, areia e esterco na proporção de 3:1:0,5, respectivamente. Os tratamentos foram submetidos aos 60 dias após o plantio das mudas, utilizando uma solução de Brassinosteróides na concentração de 0,25 e 0,5 mg L<sup>-1</sup> pulverizadas no início da manhã com um pulverizador manual de forma que cada planta recebesse 10mL de solução de hormônio, como controle utilizou-se pulverização com água destilada. Ao mesmo tempo essas mudas foram submetidas também a restrição hídrica de 20, 40, 60, 80 e 100% calculados através da evapotranspiração diária. As plantas 15 dias após a aplicação dos tratamentos foram avaliadas características morfofisiológicas, transpiração, teor relativo de água, pigmentos fotossintéticos e extravasamento de eletrólitos conforme descrito abaixo.

### **Características morfológicas**

O número de folhas, altura de planta e diâmetro do caule foram mensurados utilizando régua graduada e paquímetro (Digital Caliper 0-150mm). As análises destrutivas foram realizadas em seguida, folhas, raízes e caules foram destacados e colocados para secar em estufa a 72 °C até atingir massa seca constante, em seguida pesados separadamente. Com os dados de massa seca foram calculados a razão de massa da folha (RMF), razão de massa da raiz (RMR), razão de massa do caule (RMC) e biomassa total (Bio).

### **Transpiração (TRP)**

A transpiração diária foi estimada por gravimetria, mediante diferença da massa dos vasos

com intervalo de uma hora entre cada pesagem de 07:00 e 18:00 horas conforme Cavatte et al. (2012).

### **Teor relativo de água na folha (TRA)**

Para obtenção do teor relativo de água, foram retirados vinte discos foliares de 12 mm de diâmetro cada, os quais foram pesados e colocados por 4 h para saturar em placas de petri com água destilada. Em seguida, os discos foram novamente pesados e colocados para secar à temperatura de 70 °C por 72 h, sendo posteriormente obtido a massa de matéria seca.

$$TRA = \frac{Massa\ fresca - Massa\ seca}{Massa\ túrgida - Massa\ seca} \times 100$$

### **Pigmentos fotossintéticos**

Para a determinação da concentração de clorofilas e carotenóides totais (Cl *a+b*) foram retirados discos foliares (terceiro par de folhas totalmente expandidas) de área conhecida e colocados em vidros contendo dimetilsulfóxido (DMSO). Posteriormente, feita extração em banho-maria à 65 °C por três horas. Alíquotas foram retiradas para leitura espectrofotométrica a 490, 646 e 663 nm. O conteúdo de clorofila a (Cl *a*) e clorofila b (Cl *b*) determinados seguindo a equação proposta por Wellburn (1994).

### **Extravasamento de eletrólitos**

A avaliação da permeabilidade de membrana do tecido foliar é realizada segundo adaptação da metodologia descrita por Vasquez-tello et al. (1990) e Pimentel et al. (2002). Foram coletados de cada repetição 15 discos foliares das folhas totalmente expandidas, sendo colocados em frascos de vidro âmbar com 30 mL de água ultrapura Milli-Q, onde permaneceram imersos por 24 horas, mantidos no

escuro, em temperatura ambiente. Após este período foi mensurado a condutividade livre (CL,  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), utilizando um condutivímetro portátil CD-880. Posteriormente, os mesmos frascos foram colocados em estufa por 1 hora sob temperatura de 100 °C e medida a condutividade total (CT,  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Com os resultados obtidos, foi calculada a taxa de liberação de eletrólitos, dada em porcentagem.

**Procedimentos estatísticos**

As variáveis foram submetidas à análise de variância segundo delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 3x5 (hormônio x restrição hídrica) em três repetições. As médias foram comparadas empregando-se o teste de Newman Keuls ao nível 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2011). Para avaliar os efeitos dos tratamentos nas mudas de pinhão manso sobre biomassa total foi realizada a análise de regressão multivariada, pelo conjunto total de variáveis juntamente com um método

“Forward stepwise” para selecionar quais as variáveis métricas que melhor se ajustam a variável resposta, através do programa Statistica® versão 6.0 (Statsoft, 2001).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Segundo Tanaka et al. (2003), os brassinosteróides estimulam certas enzimas que desempenham papel importante na fisiologia do crescimento, como a ativação da bomba de prótons, a síntese proteica e de ácidos nucleicos, além de induzirem uma mudança na composição de alguns aminoácidos em proteínas. Entretanto, as variáveis de crescimento não foram significativas com a aplicação foliar desse hormônio, apenas aumentou significativamente a transpiração e isoladamente a evapotranspiração foi influenciada pela menor quantidade de água no solo para as mudas, principalmente na evapotranspiração de 20% (Tabela 1).

**Tabela 1.** Análise de variância e teste de média para altura de planta, diâmetro do caule, nº Folhas, teor relativo de água (TRA), transpiração (TRP), biomassa total (BIO) em plantas de pinhão manso pulverizadas com Brassinosteróides e sob deficit hídrico

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Nº folhas	TRA (%)	TRP	BIO (g pl <sup>-1</sup> )
Hormônio	2	38,31 <sup>ns</sup>	0,480 <sup>ns</sup>	13,48 <sup>ns</sup>	21,10 <sup>ns</sup>	16955,4*	25,75 <sup>ns</sup>
Evapotranspiração	4	91,83 <sup>ns</sup>	62,99 <sup>ns</sup>	724,96 <sup>ns</sup>	97,11 <sup>ns</sup>	346149,2*	8533,3 <sup>ns</sup>
Hor*Evapo.	8	57,86 <sup>ns</sup>	12,31 <sup>ns</sup>	1704,5 <sup>ns</sup>	242,4 <sup>ns</sup>	38538,3 <sup>ns</sup>	7500,0 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	245,87	106,7	1186,7	1092,1	86651,1	1225,0
CV (%)		9,92	8,27	29,87	9,86	40,79	10,10
<b>Hormônio</b>		<b>Médias</b>					
0,0mgL <sup>-1</sup> (água)		33,2	26,6	24,4	71,0	125,3b	31,2
0,25mgL <sup>-1</sup>		35,0	26,8	23,8	72,5	150,3ab	31,5
0,50mgL <sup>-1</sup>		32,6	26,4	25,6	70,5	190,7 <sup>a</sup>	29,7
<b>Evapotranspiração</b>		<b>Médias</b>					
20%		34,8	25,2	20,0	72,8	10,6d	27,7
40%		31,5	25,3	24,0	69,3	93,8c	28,5
60%		32,2	26,6	22,5	73,1	169,4b	30,3
80%		35,1	28,1	27,6	71,8	255,0a	34,7
100%		77,5	27,8	28,6	69,7	233,1 <sup>a</sup>	32,7

\*significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo pelo teste F. Médias seguidas por uma mesma letra minúsculas dentro da coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

Todavia, não ocorreu redução do teor relativo de água (TRA), demonstrando que as folhas mantiveram a sua turgescência, mesmo quando a transpiração apresenta valores elevados com pressão negativa no xilema e valores menores da absorção de água pela planta.

Apesar do brassinosteróides ser um regulador de crescimento associado a vários processos fisiológicos, entre eles a melhora da resposta ao estresse por estar envolvido na ativação dos mecanismos de proteção contra estresses oxidativos e a alteração estrutural e permeabilidade das membranas celulares este não demonstrou efeitos significativos (Tabela 2). A consequência direta do dano as membranas celulares é a peroxidação lipídica que causa o extravasamento do conteúdo celular para o meio que estiver envolvendo os tecidos danificados, quando o dano for suficiente para tanto. Neste contexto, a determinação do extravasamento eletrolítico em solução de incubação de tecidos vegetais através de condutividade eletrolítica da solução, constitui-se como uma valiosa variável para avaliação de estresse a nível celular (Li *et al.*, 2000). Apesar da porcentagem de integridade relativa de membranas (PIR) ser maior na concentração de  $0,25\text{mg L}^{-1}$ , foi observado danos de membranas nas plantas com pulverização foliar independente da concentração avaliada em relação ao controle (Tabela 2).

Embora as clorofilas e os carotenoides estão diretamente associados ao dano de membrana (%PD) estes não foram significativos, demonstrando possível ineficiência dos mesmos na

minimização do estresse hídrico nas mudas de pinhão manso (Tabela 2 e 3). Em condições normais, a ação dos carotenoides é suficiente para impedir o dano de membranas (Kruse *et al.*, 2006). Em relação a área foliar houve resultados significativos, para aplicação do Brassinosteróides e para a evapotranspiração (Tabela 3), no qual a concentração de  $0,25\text{mgL}^{-1}$  proporcionou menor área foliar em relação às demais concentrações avaliadas. As plantas de pinhão manso sob déficit hídrico apresentaram a menor área foliar, isso está relacionado diretamente ao processo de crescimento e expansão celular pela turgidez das células. Silva *et al.* (2011) e Simões *et al.* (2014) observaram que a área foliar do pinhão manso é a variável de crescimento sensível ao estresse hídrico.

As características associadas ao acúmulo da biomassa total de acordo com a análise de regressão múltipla com explicação de 74% em relação a todas as variáveis avaliadas foram: diâmetro do caule, número de folhas, altura de plantas, razão de massa foliar (RMF) e clorofilas (Cl<sub>a</sub>/Cl<sub>b</sub>) que estão ligadas diretamente ao crescimento da planta, ao aparato fotossintético e mecanismo de manutenção do “status hídrico”, regulando a perda de água no período de déficit hídrico (Tabela 4). Em condições de baixa disponibilidade hídrica, as plantas desenvolvem mecanismos de adaptação como: fechamento dos estômatos, ajustamento osmótico, ajustamento da parede celular, produção de folhas menores, redução da área foliar e aumento na densidade e profundidade de raízes (Mattos *et al.* 2009). No entanto, o fechamento dos estômatos e a

**Tabela 2.** Análise de variância e teste de média para a Razão de massa radicular (RMR), Razão de massa caulinar (RMC), Razão de massa foliar (RMF), Porcentagem de integridade absoluta de membrana (PIA), porcentagem de integridade relativa de membranas (PIR), porcentagem de danos de membrana (PD) em plantas de pinhão manso pulverizadas com Brassinosteróides e sob deficit hídrico.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		RMR	RMC	RMF	PIA (%)	PIR (%)	PD (%)
Hormônio	2	0,004 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	1641,2 <sup>ns</sup>	3774,4*	1641,2*
Evapotranspiração	4	0,003 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	144,9 <sup>ns</sup>	361,7 <sup>ns</sup>	144,9 <sup>ns</sup>
Hor*Evapo.	8	0,013 <sup>ns</sup>	0,036 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>	369,4 <sup>ns</sup>	227,5 <sup>ns</sup>	369,4 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	0,048	0,029	0,022	1185,7	2409,7	1185,7
CV (%)		21,26	6,56	14,56	9,76	10,07	29,57
<b>Hormônio</b>		<b>Médias</b>					
0,0mgL <sup>-1</sup> (água)		0,212	0,579	0,208	83,9	98,4b	16,4b
0,25mgL <sup>-1</sup>		0,233	0,545	0,220	72,6	117,3a	27,3 <sup>a</sup>
0,50mgL <sup>-1</sup>		0,217	0,448	0,234	67,9	94,4b	32,3 <sup>a</sup>
<b>Evapotranspiração</b>		<b>Médias</b>					
20%		0,215	0,576	0,207	78,3	102,4	21,6
40%		0,236	0,551	0,212	75,0	106,6	24,9
60%		0,216	0,561	0,221	76,2	102,4	23,7
80%		0,213	0,563	0,213	72,8	99,2	27,1
100%		0,225	0,537	0,225	73,8	107,5	26,4

\*significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo pelo teste F. Médias seguidas por uma mesma letra minúsculas dentro da coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

**Tabela 3.** Análise de variância e teste de média para área foliar (AF), Carotenoides (Car), Clorofila a/b (Cl a/b), Clorofilas totais (Cl totais) em plantas de pinhão manso pulverizadas com Brassinosteróides e sob deficit hídrico.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		AF	Car	Cl a/b	Cl total
Hormônio	2	87,14*	2,14 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	12,40 <sup>ns</sup>
Evapotranspiração	4	71,3*	0,17 <sup>ns</sup>	2,47 <sup>ns</sup>	9,93 <sup>ns</sup>
Hor*Evapo.	8	111,2 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	1,48 <sup>ns</sup>	13,83 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	34,5	0,67	5,98	36,67
CV (%)		52,1	19,68	21,80	27,48
<b>Hormônio</b>		<b>Médias</b>			
0,0mgL <sup>-1</sup> (água)		2,16a	0,605	2,41	4,36
0,25mgL <sup>-1</sup>		0,86b	0,962	2,37	4,39
0,50mgL <sup>-1</sup>		4,44a	0,675	2,38	5,49
<b>Evapotranspiração</b>		<b>Médias</b>			
20%		1,07c	0,973	1,93	4,82
40%		2,15bc	0,869	2,35	3,91
60%		1,77bc	0,808	2,41	4,90
80%		2,92ab	0,924	2,66	4,79
100%		4,11a	0,883	2,54	5,19

\*significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo pelo teste F. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula dentro da coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

redução da área foliar são mecanismos que limitam a produção de biomassa, uma vez que provocam

queda na fixação de CO<sub>2</sub> e na interceptação de luz, respectivamente.

Os resultados obtidos na avaliação de regressão múltipla pela variável resposta biomassa corroboram com Simões et al. (2014): a análise demonstrou que a variável diâmetro do caule é sensível com efeito isolado dos fatores quando avaliada em relação à adubação nitrogenada, verificando-se que houve diferença entre todos os níveis de disponibilidade de água no solo (33, 66 e

100%), aumentando de acordo com a disponibilidade de água no solo. Ainda, segundo Oliveira et al. (2013), o desenvolvimento das plântulas de pinhão manso é afetado pelo estresse hídrico, sendo que quanto maior o estresse, menores são os valores encontrados para as características altura, diâmetro, área foliar e biomassa.

**Tabela 4.** Modelo de regressão múltipla para avaliar o efeito dos tratamentos na biomassa das plantas de pinhão manso pulverizadas com Brassinosteróides e sob déficit hídrico.

Biomassa total	Explicação do modelo	F	P			
	R <sup>2</sup> = 0.74	F(6,38)=22.277	p<0.000			
	Beta	Erro Beta	B	Erro de B	t (38)	p-valor
Interceptação			-5.746	9.185	-0.625	0.535
Diâmetro caule	0.396	0.084	0.997	0.212	4.696	0.000*
Nº Folhas	0.423	0.084	0.229	0.046	4.997	0.000*
Altura de planta	0.357	0.080	0.568	0.127	4.462	0.000*
RMF	-0.344	0.096	-53.746	15.060	-3.568	0.000*
Cl <sub>a</sub> /Cl <sub>b</sub>	0.242	0.092	2.654	1.007	2.634	0.012*
RMC	-0.149	0.091	-16.632	10.092	-1.647	0.107

\* Significativo a 1%; RMF: Razão de massa foliar; Cl<sub>a</sub>/Cl<sub>b</sub>: Razão clorofila a/b; RMC: Razão de massa cauliar;

A aplicação do brassinosteróide normalmente proporciona resposta positiva no crescimento das plantas, principalmente em condição de estresse, apontando para utilização dessa prática inovadora no manejo rotineiro da cultura do pinhão manso no futuro próximo. No entanto, pesquisas posteriores, no sentido de estabelecer a concentração adequada para um melhor desempenho vegetativo e produtivo, ainda são necessárias para elucidar o uso deste regulador vegetal em condições de estresse hídrico.

## CONCLUSÃO

A aplicação de Brassinosteróides via foliar não amenizou os efeitos do déficit hídrico nas plantas, interferindo decisivamente no crescimento

do pinhão manso. Houve menor área foliar e transpiração na restrição hídrica de 20% da evapotranspiração diária.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Goiás (UEG), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anjum, S.A.; XIE, X.; Wan, L.C.; Saleem, M.F.; Man, C.; Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural**



- Research** 6 (9):2026-2032.  
<http://dx.doi.org/10.5897/AJAR10.027>
- Arruda, F.P.; Beltrão, N.E.M.; Andrade, A.P.; Pereira, W.E.; Severino L.S. (2004). Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas** 8 (1):789-799.
- Beltrão, N.E.M. (2006). **Considerações gerais sobre o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições Brasileiras.** Campina Grande: Embrapa, 4p.
- Cavatte, P.C.; Oliveira, A.A.G.; Morais, L.E.; Martins, S.C.V.; Sanglard, L.M.V.P.; Damatta, F.M. (2012). Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee? A morphophysiological analysis. **Physiologia Plantarum** 144 (2):111-122.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1399-3054.2011.01525.x>
- Clouse, S.D.; Langford, M.; Mcmorris, T.C. (1996). A brassinosteroid-insensitive mutant in *Arabidopsis thaliana* exhibits multiple defects in growth and development. **Plant Physiology** 111(3):671-678.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. (2006). **Alerta sobre o Plantio de Pinhão Manso no Brasil.** Disponível em: <  
<http://www.cnpa.embrapa.br/publicacoes/2006>.  
 Acesso em: 20 jul. 2016.
- Ferreira, D.F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** 35 (6):1039-1042.
- Kruse, N.D.; Vidal, R.A.; Dalmaz, C.; Trezzi, M.M.; Siqueia, I. (2006). Oxidative stress in sunflower (*Helianthus annuus*) indicates Synergism for the Metribuzin Clomazone Combination. **Planta Daninha** 24(2):379-390.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582006000200023>
- Laca-Buendia, J.P. (1989). Efeito de reguladores de crescimento no algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** 1(1):109-113.
- Li, Z.; Walker, R.H.; Wehtje, G.; Hancock, G.H. (2000). Using electrolyte leakage to detect soybean (*Glicine max*) cultivares sensitive to sulfentrazone. **Weed Technology** 14 (4): 699-704.
- Matos, F.S.; Moreira, C.V.; Missio, R.F. & Dias, L.A.S. (2009). Caracterização fisiológica de mudas de *Jatropha curcas* L. produzidas em diferentes níveis de irradiância. **Ci. Hortic.** 3:126-134.
- Matos, F.S.; Gamboa, I.; Ribeiro, R.P.; Mayer, M.L.; Neves, T.G.; Leonardo, B.R.L.; Souza, A.C. (2011). Influência da intensidade luminosa no desenvolvimento de mudas de *Jatropha curcas* L. **Agrarian** 4(14):265-272.
- Matos, F.S.; Oliveria, L.R.; Freitas, R.G.; Evaristo, A.B.; Missio, R.F. & Cano, M.A.O. (2012). Physiological characterization of leaf senescence of *Jatropha curcas* L. populations. **Biomass Bioenergy** 45:57-64.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.05.012>
- Matos, F.S.; Ribeiro, R.P.; Borges, L.P.; Neves, T.G.; Cruvinel, C.K.L.; Freitas, R.G. (2013).

- Aplicação de benziladenina em plantas de pinhão manso. **Revista Agrotecnologia** 4 (2):57-67.
- Oliveira, A.R.; Dantas, B.F.; Braga, M.B.; Santos, B.L.S. (2013). **Tolerância de plântulas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) ao estresse hídrico**. Petrolina: Embrapa Semiárido. 24 p. (Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 111).
- Pimentel, C.; Sarr, B.; Diouf, O.; Abboud, A.C.S.; Roy-Maculey, H. (2002). Tolerância Protoplasmática foliar à seca, em dois genótipos de caupi cultivadas em campo. **Revista Universidade Rural**. Série Ciências da Vida. Rio de Janeiro, 22 (1):07-14.
- Rocha, R.B.; Ramalho, A.R.; Teixeira, A.L.; Laviola, B.G.; Silva, F.C.G. da; Militão, J.S.L.T. (2012). Eficiência da seleção para incremento do teor de óleo do pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 47:44-50.
- Sharma, P.; Bhardwaj, R.; Arora, N.; Arora, H.K.; Kumar, A. (2008). Effects of 28-homobrassinolide on nickel uptake, protein content and antioxidative defence system in *Brassica juncea*. **Biol Plant** 52(4):767-70.
- Silva, M.B.R.; Fernandes, P.D.; Dantas Neto, J.; Nery, A. R.; Rodrigues, L.N. & Viégas, R.A. (2011). Crescimento e produção do pinhão-manso irrigado com água residuária sob condições de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 15(6): 621-629.
- Simões, W.L.; Drumond, M.A.; Guimarães, M.J.M.; Oliveira, A.R.; Ferreira, P.P.B.; Souza, M.A. (2014). Desenvolvimento inicial e respostas fisiológicas do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira Biociências** 12(4):188-195.
- STATSOFT, Inc. (2004). **STATISTICA (data analysis software system), version 7**. Disponível em: <http://www.statsoft.com>. Acesso em: 22 nov. 2014.
- Tanaka, K.; Nakamura, Y.; Asami, T.; Yoshida, S.; Matsuo, T.; Okamoto, S. (2003). Physiological roles of brassinosteroids in early growth of Arabidopsis: Brassinosteroids have a synergistic relationship with gibberellin as well as auxin in light-grown hypocotyl elongation. **Journal of Plant Growth Regulation** 22:259-271. <http://dx.doi.org/10.1007/s00344-003-0119-3>
- Vasquez-Tello, A., Yzuily-Fodil, A.T., Pham Thi; Vieira da Silva, J. (1990). Electrolyte and Pi leakages and soluble sugar content as physiological tests for screening resistance to water stress in phaseolus and Vigna species. **Journal of Experimental Botany** 41: 827-32.
- Vieira, E.L.; Castro, P.R.C. (2001). Ação de bioestimuladores na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes** 23(2):222-228.
- Wellburn, A.R. (1994). 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**, 144:307-313. [http://dx.doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81192-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81192-2)