

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - *CAMPUS* RIO VERDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -  
AGRONOMIA

FEIJOEIRO CULTIVADO SOB APLICAÇÃO DE OSMOPROTETORES  
À BASE DE EXTRATOS DE ALGAS E SUPRESSÃO DE IRRIGAÇÃO

Mestrando: Fabiano José de Campos Bastos  
Orientador: Prof. Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares

RIO VERDE - GO  
JULHO – 2015

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - *CAMPUS* RIO VERDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -  
AGRONOMIA

FEIJOEIRO CULTIVADO SOB APLICAÇÃO DE OSMOPROTETORES  
À BASE DE EXTRATOS DE ALGAS E SUPRESSÃO DE IRRIGAÇÃO

Mestrando: Fabiano José de Campos Bastos  
Orientador: Prof. Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde – Área de concentração: Produção Vegetal Sustentável do Cerrado.

RIO VERDE - GO  
JULHO – 2015

Bastos, Fabiano José de Campos

B328f Feijoeiro cultivado sob aplicação de osmoprotetores à base de extratos de algas e supressão de irrigação / Fabiano José de Campos Bastos. -- Rio Verde. - 2015.  
74f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal Goiano –  
*Campus* Rio Verde, 2015.

Orientador: Dr. Antonio Frederico Loureiro Soares

#### Bibliografia

1. Déficit hídrico.
2. *Durvillaea potatorum*.
3. Fotossíntese.
4. Produtividade.
5. *Phaseolus Vulgaris* I. Título. II. Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio Verde.

635.652

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – *CAMPUS* RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS-AGRONOMIA**

**FEIJOEIRO CULTIVADO SOB APLICAÇÃO DE  
OSMOPROTETORES À BASE DE EXTRATOS DE ALGAS E  
SUPRESSÃO DE IRRIGAÇÃO**

Autor: Fabiano Jose De Campos Bastos  
Orientador: Frederico Antonio Loureiro Soares

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de  
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 14 de julho de 2015.

Prof. Dr. Claudio Augusto Uyeda  
Avaliador externo  
IF – Pernambuco

Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira  
Avaliador interno  
IF Goiano – *Campus* Rio Verde

Dr. Antonio Evami Cavalcante Sousa  
Avaliador interno  
PNPD/CAPES-IF Goiano – *Campus* Rio Verde

Prof. Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares  
Presidente da banca  
IF Goiano – *Campus* Rio Verde

A Deus, por me conceder saúde, força e sabedoria para superar os obstáculos dessa caminhada.

*Ofereço*

Aos meus pais Raimundo Santana Bastos e Valdelina José de Campos Bastos;

À minha irmã Simone e aos sobrinhos Eduardo e Ysadora; e

A toda a minha família e amigos.

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida, pela saúde, sabedoria, força e pela família maravilhosa da qual, orgulhosamente, faço parte, minha base, meu tudo;

Agradeço ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos;

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg), pelo auxílio financeiro à pesquisa, e à empresa Tecno Nutrição Vegetal e Biotecnologia Ltda, por disponibilizar os osmoprotetores;

Agradeço ao Instituto Federal Goiano, *Campus* Rio Verde, por me abrir as portas e ter fornecido a infraestrutura e o apoio necessários para o desenvolvimento desta dissertação de Mestrado;

Agradeço ao orientador e amigo Frederico Antônio Loureiro Soares, pelas orientações sempre pertinentes e por ter acreditado em minha capacidade e também pela paciência e compreensão de minhas dificuldades;

Agradeço ao coorientador e amigo Marconi Batista Teixeira, pelas orientações e pelos momentos de alegria, pela ajuda e palavras de incentivo, sempre;

Agradeço aos meus pais Raimundo Santana Bastos e Valdelina José de Campos Bastos, por me ajudarem em todos os momentos desta caminhada, principalmente nos momentos mais difíceis;

Agradeço à minha família que, de alguma forma, me inspirou e me deu força para continuar sempre em frente, em busca dos meus sonhos;

Agradeço à Camylla Vieira Sousa, que foi fundamental para o desenvolvimento dessa pesquisa, pela parceria, amizade, dedicação e empenho na realização das tarefas;

Agradeço à Luciana Minervina de Freitas Moura, minha colega de luta e amiga de longa data, pela ajuda e companheirismo na realização desse trabalho, principalmente nas intermináveis avaliações;

Agradeço ao Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal (LECO) do IF Goiano – *Campus* Rio verde, na pessoa do Prof. Alan Carlos Costa e demais colaboradores, principalmente Luciana Minervina de Freitas Moura, Gabriel, Ailton e

Robson de Oliveira, pelo apoio nas avaliações fisiológicas desse trabalho e contribuição para seu desenvolvimento;

Agradeço a meu amigo e colega Cássio Jardim Tavares, pelas incansáveis ajudas, desde o início da implantação do projeto, aplicação dos tratamentos, até as avaliações finas;

Agradeço à colega Deborah Martins, pelo apoio nas avaliações;

Agradeço a colaboração dos colegas Camylla Sousa, Nelmício Furtado da Silva, Cláudio Santos, Suiaine Ridan, Fernando Nobre, Fernando Cabral, José Joaquim, Wilker Moraes, Vítor Vidal, Murilo Vieira, Janniny Cabral, Caíque Camilo, do laboratório de Hidráulica e Irrigação do IF Goiano - *Campus* Rio Verde, por terem contribuído para a realização desse trabalho;

Agradeço a todos os meus amigos, que, direta e/ou indiretamente, contribuíram para essa minha caminhada.

***Muito obrigado!***

Se não puder voar, corra. Se não puder  
correr, ande. Se não puder andar, rasteje,  
mas continue em frente de qualquer jeito.

(Martin Luther King)



## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Fabiano José de Campos Bastos, nascido em Mozarlândia- GO, em 19 de abril de 1983, concluiu o ensino fundamental na Escola Estadual Pio Mota e o segundo grau no Colégio Estadual Costa e Silva, ambos na cidade de Mozarlândia. Concluiu os cursos Técnico em Zootecnia em 2004 e Técnico em Agropecuária em 2005, pelo Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. Graduou-se em Agronomia no ano de 2013, pelo Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio Verde. Em 2013, ingressou na pós-graduação *Stricto Sensu*, pelo Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia, linha de pesquisa Tecnologias sustentáveis em sistemas de produção e uso do solo e água. Em 2014, foi integrado como servidor efetivo na Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Em agosto de 2015, defendeu sua dissertação, parte indispensável para a obtenção do diploma de Mestre em Ciências Agrárias – Agronomia.

## ÍNDICE GERAL

<b>RESUMO</b> -----	<b>XVII</b>
<b>ABSTRACT</b> -----	<b>XIX</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> -----	<b>1</b>
<b>1. A Cultura do feijoeiro</b> -----	<b>1</b>
<b>2. Déficit hídrico na cultura do feijoeiro</b> -----	<b>2</b>
<b>3. Algas marinhas na agricultura</b> -----	<b>5</b>
<b>4. Osmoprotetores</b> -----	<b>7</b>
<b>OBJETIVOS</b> -----	<b>8</b>
<b>1. Geral</b> -----	<b>8</b>
<b>2. Específicos</b> -----	<b>8</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> -----	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I – PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO SOB SUPRESSÃO HÍDRICA E APLICAÇÃO DE OSMOPROTETORES</b> -----	<b>13</b>
<b>1.1. INTRODUÇÃO</b> -----	<b>14</b>
<b>1.2 MATERIAL E MÉTODOS</b> -----	<b>15</b>
<b>1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> -----	<b>19</b>
<b>1.4 CONCLUSÕES</b> -----	<b>30</b>
<b>1.5 AGRADECIMENTOS</b> -----	<b>30</b>
<b>1.6 LITERATURA CITADA</b> -----	<b>30</b>

<b>CAPÍTULO II - EFICIÊNCIA DA APLICAÇÃO DE OSMOPROTETORES NAS CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DO FEJOEIRO CULTIVADO SOB SUPRESSÃO DE IRRIGAÇÃO EM CAMPO-----</b>	<b>34</b>
<b>2.1 INTRODUÇÃO -----</b>	<b>36</b>
<b>2.2 MATERIAL E MÉTODOS -----</b>	<b>37</b>
<b>2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO -----</b>	<b>41</b>
<b>2.4 CONCLUSÕES-----</b>	<b>47</b>
<b>2.5 AGRADECIMENTOS -----</b>	<b>48</b>
<b>2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----</b>	<b>48</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS-----</b>	<b>60</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Resumo das fases e estádios fenológicos de desenvolvimento do feijoeiro..... 4

### CAPÍTULO I

Tabela 1. Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), número de folhas (NF) diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF) do feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídricas e osmoprotetores à base extratos de algas marinhas ..... 19

Tabela 2. Resumo da análise de variância para matéria fresca de folhas (MFFH), matéria fresca do caule (MFCL), matéria fresca das vagens (MFVG) e matéria fresca da parte aérea (MFPA) do feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídricas e osmoprotetores à base extratos de algas marinhas ..... 21

Tabela 3. Resumo da análise de variância para matéria seca das folhas (MSFH), matéria seca do caule (MSCL), matéria seca das vagens (MSVG) e matéria seca da parte aérea (MSPA) do feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídricas e osmoprotetores à base extratos de algas marinhas..... 23

Tabela 4. Resumo da análise de variância para altura de inserção da primeira vagem (A1<sup>a</sup>VG), número de vagens por planta (NVGPL), número de grãos por vagens (NGVG) e vagens chochas (VGCh) do feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídricas e osmoprotetores à base extratos de algas marinhas ..... 25

Tabela 5. Resumo da análise de variância para massa de 100 grãos (M100G), índice de colheita (IC) e produtividade (PROD) do feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídricas e osmoprotetores à base extratos de algas marinhas ..... 27

### CAPÍTULO II

Tabela 1. Características químicas da camada de 0 a 20 cm do solo onde o experimento foi conduzido..... 37

Tabela 2. Resumo da análise de variância para taxa fotossintética ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), razão entre concentração interna e externa de  $CO_2$  ( $C_i/C_a$ ), eficiência instantânea do uso da água ( $EUA$ ) do

feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídricas e osmoprotetores à base extratos de algas marinhas .....	41
Tabela 3. Resumo da análise de variância para índice de clorofila total ( $Cl_t$ ), clorofila $a$ ( $Cl_a$ ) e clorofila $b$ ( $Cl_b$ ) do feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídricas e osmoprotetores à base extratos de algas marinhas .....	45
Tabela 4. Resumo da análise de variância para rendimento quântico potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ), rendimento quântico efetivo do fotossistema II ( $\Delta F/F_m'$ ), coeficiente de extinção não fotoquímica (NPQ) e taxa aparente de transporte de elétrons ( $ETR$ ) do feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídricas e osmoprotetores à base extratos de algas marinhas .....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

- Figura 1. Dados climatológicos referentes a Temperatura ( $^{\circ}$  C), Umidade relativa do ar (UR (%)) e precipitação (mm), no período de condução do experimento, Rio Verde – GO. .... 15
- Figura 2. Número de folhas (A) e área foliar (B) do feijoeiro em função do período de supressão hídrica. .... 21
- Figura 3. Matéria fresca das folhas (A) e matéria fresca da parte aérea (B) do feijoeiro em função do período de supressão hídrica. .... 22
- Figura 4. Matéria seca das folhas (A) e matéria seca da parte aérea (B) do feijoeiro em função do período de supressão hídrica. .... 24
- Figura 5. Massa de 100 grãos do feijoeiro em função do período de supressão hídrica. 28
- Figura 6. Desdobramento na produtividade do feijoeiro do período de supressão hídrica dentro dos tipos de osmoprotetores (A) e dos tipos de osmoprotetores em cada período de supressão hídrica (B). .... 29

### CAPÍTULO II

- Figura 1. Taxa fotossintética ( $A$ ) (A), condutância estomática ( $g_s$ ) (B), taxa transpiratória ( $E$ ) (C), razão entre concentração interna e externa de  $CO_2$  ( $C_i/C_a$ ) (D), eficiência instantânea do uso da água ( $EUA$ ) (E) do feijoeiro em função do período de supressão hídrica. .... 42
- Figura 2. Rendimento quântico efetivo do fotossistema II ( $\Delta F/F_m'$ ) (A), taxa aparente de transporte de elétrons (ETR) (B) do feijoeiro em função do período de supressão hídrica. .... 47

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo / Sigla	Significado	Unidade de Medida
P	fósforo	mg dm <sup>-3</sup>
Ca <sup>+2</sup>	cálcio	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
Mg	magnésio	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
K	potássio	mg dm <sup>-3</sup>
Al	alumínio	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
N	nitrogênio	%
S	enxofre	
Cu	cobre	
Zn	zinco	
Mn	manganês	
B	boro	
Co	cobalto	
MO	matéria orgânica	g. Kg <sup>-1</sup>
pH	potencial de hidrogênio	CaCl <sub>2</sub>
V	saturação por bases	%
T	temperatura	°C
DAE	dias após a emergência	
UR	umidade relativa do ar	%
AP	altura de plantas	cm
AF	área foliar	cm <sup>2</sup>
NF	número de folhas	
DC	diâmetro de caule	mm
os	período de supressão	
O	osmoprotetores	
MFFH	matéria fresca de folhas	g
MFCL	matéria fresca de caule	g
MFVG	matéria fresca de vagem	g
MFPA	matéria fresca de parte aérea	g
MSFH	matéria seca de folhas	g
MSCL	matéria seca de caule	g
MSVG	matéria seca de vagem	g
MSPA	matéria seca de parte aérea	g
A1 <sup>a</sup> VG	altura de inserção da primeira vagem	cm
NVGP	número de vagens por planta	
NGVG	número de grãos por vagem	
Vgch	vagens chochas	
M100G	massa de 100 grãos	g
PROD	produtividade	Kg ha <sup>-1</sup>
ICF	índice de clorofila Falker	
%	porcentagem	
Cm	centímetros	
m <sup>2</sup>	metro quadrado	
s <sup>-1</sup>	segundo	
mg dm <sup>-3</sup>	miligrama por decímetro cúbico	
cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	centimol por decímetro cúbico	

---

$g \cdot Kg^{-1}$	gramas por quilograma	
CaCl <sub>2</sub>	cloreto de cálcio	
°C	graus Celsius	
Mm	milímetro	
$g_s$	condutância estomática	$mol \ H_2O \ m^{-2} \ s^{-1}$
$A$	taxa fotossintética	$Mmol \ CO_2 \ m^{-2} \ s^{-1}$
$E$	taxa transpiratória	$Mmol \ H_2O \ m^{-2} \ s^{-1}$
$C_i/C_a$	relação entre concentração interna e externa de CO <sub>2</sub>	
$EUA$	eficiência instantânea do uso da água	$\mu mol \ CO_2 \ mmol \ H_2O^{-1}$
DPV	déficit de pressão de vapor	KPa
$mol \ H_2O \ m^{-2} \ s^{-1}$	mol de água por metro quadrado por segundo	
$\mu mol \ CO_2 \ m^{-2} \ s^{-1}$	micromol de dióxido de carbono por metro quadrado por segundo	
$mmol \ H_2O \ m^{-2} \ s^{-1}$	milimol de água por metro quadrado por segundo	
$\mu mol \ CO_2 \ mmol \ H_2O^{-1}$	micromol de dióxido de carbono por milimol de água	
KPa	quilopascal	
$\Psi_m$	potencial matricial	
$F_v/F_m$	rendimento quântico potencial do fotossistema II	
$\Delta F/F_m'$	rendimento quântico efetivo do fotossistema II	
$F_m$	fluorescência máxima	
$F_o$	fluorescência mínima	
NPQ	coeficiente de extinção não fotoquímica	
Cl <sub>a</sub>	clorofila <i>a</i>	
Cl <sub>b</sub>	clorofila <i>b</i>	
Cl <sub>t</sub>	clorofila total	
ETR	taxa aparente de transporte de elétrons	$mmol \ CO_2 \ m^{-2} \ s^{-1}$
ECAM's	extratos concentrados de algas marinhas	
DFF	densidade de fluxo de fótons	$\mu mol \ m^{-2} \ s^{-1}$
CUD	coeficiente de uniformidade de distribuição	%

---



## RESUMO

BASTOS, FABIANO JOSÉ DE CAMPOS. Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio Verde – GO, julho de 2015. **Feijoeiro cultivado sob aplicação de osmoprotetores à base de extratos de algas e supressão de irrigação.** Orientador: Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares. Coorientador: Dr. Marconi Batista Teixeira.

O déficit hídrico é um dos fatores que afetam a produção agrícola com maior frequência e intensidade, influenciando praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento de uma cultura. Objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito de osmoprotetores à base de extratos de algas marinhas na cultura do feijoeiro submetido à supressão de irrigação. O experimento foi conduzido em condições de campo, no IF Goiano *Campus* Rio Verde, utilizando irrigação por gotejamento. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas 4x7 com 3 repetições: as parcelas foram compostas por quatro períodos de supressão (0, 7, 14 e 21 dias) e as subparcelas, por sete osmoprotetores à base de extratos de algas marinhas, codificadas em (T1 - EA/GB/KPM/AS; T2 - EA/GB/KPM; T3 - EA/AS/KPM; T4 - EA/KPM; T5-EA/GB; T6 - EA; T7 - Testemunha). As aplicações dos tratamentos à base de extratos de algas foram feitas no estágio de floração plena do feijoeiro, utilizando de um pulverizador costal, equipado com cilindro de CO<sub>2</sub>. Foram analisadas as variáveis de crescimento e componentes de rendimento: altura de Plantas (AP), área foliar (AF), número de folhas (NF), diâmetro de caule (DC), matéria fresca de folha (MFFH), matéria fresca de caule (MFCL), matéria fresca de vagem (MFVG), matéria seca de parte aérea (MSPA), matéria seca de folha (MSFH), matéria seca de caule (MSCL), matéria seca de vagem (MSVG), matéria seca de parte aérea (MSPA), altura de inserção da 1<sup>a</sup> vagem (A1<sup>a</sup>VG), número de vagens por planta (NVGPL), número de grãos por vagem (NGVG), vagens chochas (Vgch), massa de 100 grãos (M100G), índice de colheita (IC) e produtividade de grãos (PROD); e os caracteres fisiológicos determinação das trocas gasosas, fluorescência da clorofila a e determinação do teor de clorofilas (Índice de clorofila Falker – ICF). Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando detectada a significância dos efeitos de tratamentos, foram feitas a análise de comparações múltiplas pelo teste de Tukey para os dados qualitativos e a análise de regressão para os dados quantitativos, com 0,01 e 0,05 de significância, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2003). O uso de osmoprotetores à base de algas do gênero *Durvillaea* não

afetou as variáveis altura de plantas, diâmetro de caule, massa fresca e seca de caule e vagens, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, grãos por vagem e número de vagens chochas em plantas de feijão sob ocorrência ou não de supressão hídrica. A hipótese dessa pesquisa foi comprovada, sobretudo, porque houve incremento de produtividade com o T2 no período de supressão hídrica de 14 dias. O rendimento de grãos do feijoeiro foi influenciado pelo tipo de osmoprotetor e pelo período de supressão. O osmoprotetor T2 (EA/GB/KPM) se destacou no período de supressão de 10,33 dias. A produtividade máxima estimada foi de 3.180,05 kg ha<sup>-1</sup>. Os resultados obtidos evidenciam que o déficit hídrico reduziu a taxa fotossintética ( $A$ ), taxa transpiratória ( $E$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), relação entre a concentração interna e externa de CO<sub>2</sub> ( $C_i/C_a$ ) e a eficiência instantânea do uso da água ( $EUA$ ) no feijoeiro.

**PAVAVRAS-CHAVE:** Déficit hídrico, *Durvillaea potatorum*, fotossíntese, produtividade, *Phaseolus vulgaris*

## ABSTRACT

BASTOS, FABIANO JOSÉ DE CAMPOS. Federal Institute Goiano – *Campus* Rio Verde – GO, jul 2015. **Bean cultivated under application osmoprotectors based extracts of algae and suppressed irrigation.** Advisor: Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares. Co-advisor: Dr. Marconi Batista Teixeira.

The drought is one of the factors affecting agricultural production with greater frequency and intensity, influencing virtually every aspect related to the development of a culture. This paper aims to evaluate the effect of osmoprotectors based on seaweed extracts on bean crop submitted to suppression of irrigation. The experiment was carried out in the field, at the IF Goiano *Campus* Rio Verde, using drip irrigation. The experimental design was a randomized block in split plot 4x7 with three replications: the plots were composed by four periods of suppression (0, 7, 14 and 21 days) and subplots were composed by seven osmoprotectors based on seaweed extracts (T1 - EA/GB/KPM/AS; T2 - EA/GB/KPM; T3-EA/AS/KPM; T4 - EA/KPM; T5 - EA/GB; T6 - EA; T7 - Witness). The applications of treatments based on seaweed extracts were performed in full bloom stadium bean, using a backpack sprayer, equipped with CO<sub>2</sub> cylinder. The growth variables and yield components were analyzed: plant height (AP), leaf area (AF), leaf number (NF), stem diameter (DC), fresh weight of leaf (MFFH), fresh weight of stem (MFCL), fresh matter pod (MFVG), dry matter of aerial part (MSPA) dry matter sheet (MSFH), stem dry matter (MSCL), dry matter pod (MSVG), dry matter of aerial part (MSPA), height of insertion of the 1st pod (A1<sup>a</sup>VG), number of pods per plant (NVGPL), number of seeds per pod (NGVG) shriveled pods (Vgch), weight of 100 grains (M100G), harvest index (IC) and grain yield (PROD); and physiological characters determination of gas exchange, chlorophyll fluorescence determination of chlorophyll content (chlorophyll index Falker - ICF). The results were submitted to variance analysis, and when detected the significance of the effects of treatments, there were performed analysis for multiple comparisons by Tukey's test for qualitative data, and regression analysis to the quantitative data, 0,01 and 0 05 of significance, using the statistical software SISVAR-ESAL. The use of osmoprotectors based on seaweed belonging do *Durvillaea* genus did not affect the variables plant height, stem diameter, fresh and dry stem and pods, first pod height, number of pods per plant, seeds per pod and number of empty pods of bean plants under occurrence of water suppression. The hypothesis of this research has been proven, especially because

the productivity was increased with the period T2 of water removal 14 days. The type of osmoprotectors and the blanking period influenced the yield of bean grains. The osmoprotectors T2 (EA/GB/KPM) excelled in 10.33 days blanking period. The estimated maximum yield was 3180.05 kg ha<sup>-1</sup>. The results show that the drought reduced the photosynthetic rate ( $A$ ), transpiration rate ( $E$ ), stomatal conductance ( $g_s$ ), relationship between the internal and external CO<sub>2</sub> concentration ( $C_i/C_a$ ) and the instantaneous efficiency of water use ( $EUA$ ) in the bean.

**KEYWORDS:** hydric deficit, *Durvillaea potatorum*, photosynthesis, productivity, *Phaseolus vulgaris*



## INTRODUÇÃO GERAL

### 1. A Cultura do feijoeiro

A ampla adaptação edafoclimática do feijão permite seu cultivo em quase todos os estados brasileiros, pois não apresenta sensibilidade ao fotoperíodo, desde que não ocorram limitações de temperatura e umidade (ABRANTES et al., 2011).

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2015), atualmente, no Estado de Goiás, são cultivados 109,9 mil ha de feijão comum, sendo que, desse total, 36,5 mil ha são cultivados na terceira safra, com emprego da irrigação.

A produção nacional de feijão para a safra 2014/15 está estimada em 3,1 milhões de toneladas, sendo os maiores produtores os estados do Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Bahia e Goiás, com 727,1; 527,1; 499,3; 309,7 e 240,1 mil toneladas, respectivamente. Entre os cinco maiores produtores, a maior produtividade média foi alcançada pelo Estado de Goiás, 2.380 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2015).

Apesar de sua importância, a produção não tem acompanhado o consumo e nem a produtividade tem aumentado de modo significativo, estando longe da produtividade alcançada pelos produtos chamados de exportação (FUSCALDI e PRADO, 2005). O consumo de feijão per capita do brasileiro entre os anos de 2008 e 2010 foi de, em média, 17 kg por ano, 8% maior em relação à quantidade registrada no período de 2002 a 2003 (WANDER e CHAVES, 2011).

A oferta do feijão para o abastecimento do mercado interno está sujeita às variações determinadas, principalmente, pelas condições climáticas, que influenciam diretamente na produtividade e, conseqüentemente, no preço (RAMOS JUNIOR, 2006).

O feijão é responsável pela maior parte das proteínas que o brasileiro ingere no dia a dia. É um excelente alimento, pois, além de proteínas, fornece também uma série de nutrientes essenciais ao ser humano, como ferro, cálcio, magnésio, zinco, vitaminas (principalmente do complexo B), riboflavina, tiamina, carboidratos e fibras. O feijão é um produto de relevante importância nutricional, econômica e social em dezenas de países (MESQUITA, 2005; KOBLITZ, 2011).

## 2. Déficit hídrico na cultura do feijoeiro

O déficit hídrico é um dos fatores que afetam a produção agrícola com maior frequência e intensidade, influenciando praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento vegetal, diminuindo a taxa de fotossíntese pela redução da área foliar e afetando vários outros processos fisiológicos, além de alterar o ambiente físico das culturas (FONTANA et al., 1992). É um fator externo que exerce uma influência desvantajosa para a planta (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Algumas espécies expressam visualmente alguns sinais, como murcha e enrolamento das folhas. Os efeitos do déficit hídrico, de acordo com SILVEIRA e STONE (2005), são iniciados quando a taxa de evapotranspiração supera a taxa de absorção de água pelas raízes e sua transmissão para a parte aérea das plantas. O déficit hídrico está associado, portanto, à redução progressiva da água no solo, acompanhando a profundidade radicular, sendo que quanto maior esta redução, mais severo será o estresse.

Existem três mecanismos importantes para tolerância à seca: retardo da dessecação, que nada mais é que a capacidade de manter a hidratação do tecido; tolerância à dessecação, que é a capacidade de desempenhar suas funções fisiológicas enquanto desidratada; e escape da seca, que atribui às plantas a capacidade de completar seu ciclo durante a estação úmida, antes do início da seca (TAIZ e ZEIGER, 2009).

As plantas se adaptaram às mais diversas condições terrestres, desenvolvendo mecanismos morfofisiológicos que possibilitassem essa adaptação, até mesmo em ambientes com baixas condições hídricas. A importância de estudar as relações entre a água, o solo, as plantas e a atmosfera se deve à diversidade de funções bioquímicas, fisiológicas e ecológicas que essas relações exercem sobre o meio e sobre as plantas (TERRA, 2008).

Quando a planta encontra mais dificuldade para absorver água do solo, seu potencial hídrico diminui, desencadeando alterações de uma série de funções celulares, conforme o valor de potencial atingido (TAIZ e ZEIGER, 2004).

No Estado de Goiás, o feijão é cultivado em três safras: safra de verão, denominada primeira safra; safra de outono-inverno, segunda safra; e safra de inverno, terceira safra. A primeira safra é cultivada no período chuvoso. Entretanto, é comum na região centro Oeste a ocorrência de períodos de estiagem, os veranicos, que podem

variar de 10 a 15 dias, podendo chegar, em casos extremos, até 40 dias sem a ocorrência de precipitação, fato que, às vezes, pode acarretar até mesmo perda de 100% das lavouras nessas regiões.

A ocorrência de déficit hídrico no feijoeiro nos estádios iniciais de desenvolvimento da semente pode causar efeitos negativos na atividade fotossintética, com redução na produção de assimilados para o desenvolvimento da semente, podendo ocorrer redução na qualidade fisiológica das sementes (PEDROSO et al., 2009).

O rendimento do feijoeiro pode ser bastante influenciado pela condição hídrica do solo. Nas diferentes fases críticas do ciclo da cultura (vegetativa, floração, enchimento de grãos, por exemplo), deficiências ou excessos de água causam redução na produtividade em diferentes proporções, podendo acarretar diminuição do peso de sementes e aceleração da maturidade do feijão (ZLATEV et al., 2005). Segundo Doorenbos e Kassam (1994), para o feijoeiro, os períodos críticos, durante os quais a deficiência hídrica causa decréscimos na produção, já estão bem determinados (V0/V1, R6 e R8).

A redução na produtividade sob estresse hídrico se deve à baixa porcentagem de vingamento das flores, causando abortamento de óvulos, produzindo, assim, vagens chochas (AIDAR et al., 2002).

Na Tabela 1 estão apresentadas as fases e os estádios fenológicos de desenvolvimento do feijoeiro.

Para Calvache et al. (1997), um déficit hídrico de 50% no período vegetativo pode causar redução no rendimento de até 10%, enquanto se o mesmo déficit for na floração e durante o enchimento de vagens, podem ocorrer reduções de 55 e 38% na produção, respectivamente.

Para obtenção de um rendimento de ao menos 80% do rendimento potencial, não pode faltar água para a cultura no período que se estende desde antes do início da floração (quatro dias antes da plena floração) até a plena frutificação (18 dias após a plena floração) (MAGALHÃES et al., 1979). Oliveira (1991) considerou como período crítico o intervalo entre 30 a 60 dias após a emergência, para ciclo de 90 dias, e de 35 a 65 dias, para ciclo de 95 dias.



Tabela 1. Resumo das fases e estádios fenológicos de desenvolvimento do feijoeiro.

Fases	Estádios	DAE	Características	Início do Estádio/Descrição
Vegetativa	V0		Germinação	Semeadura/Absorção de água, emissão da radícula, transformação raiz primária.
	V1	15	Emergência	Cotilédones de 50% das plantas ao nível do solo/Desenvolvimento do epicótilo.
	V2		Folhas primárias	Folhas primárias de 50% das plantas estão desdobradas/Expansão das folhas.
	V3		Primeiro Trifólio	Abertura da primeira folha trifoliolada em 50% das plantas/ Abertura do trifólio, surgimento do segundo.
	V4	30	Terceiro Trifólio	Abertura da terceira folha trifoliolada em 50% das plantas/ Abertura do terceiro trifólio e formação de ramos nas gemas e nós inferiores.
Reprodutiva	R5		Pré-floração	Aparecem os primeiros botões florais em 50% das plantas/ Aparecimento do primeiro botão floral e do primeiro racemo.
	R6	45	Floração	Abertura da primeira flor em 50% das plantas/Florescimento das plantas.
	R7	60	Formação das vagens	Aparecimento das primeiras vagens em 50% das vagens ao murchar a corola/Aparecimento da primeira vagem até 2,5 cm de comprimento.
	R8	75	Enchimento das vagens	Primeiras vagens cheias de grãos em 50% das plantas/Crescimento da semente.
	R9	90	Maturação fisiológica	Modificação da cor das vagens em 50% das plantas/ Vagens perdem pigmentação e começam a secar, grãos com cor típica da variedade.

Fonte: Adaptado de Fernandez et al. (1985) e de Fancelli & Dourado Neto (1997). DAE = dias após a emergência

De acordo com Custódio et al. (2009), o estresse hídrico é um dos fatores que contribuem para a diminuição do rendimento, sendo extremamente importante o modo como as plantas respondem aos estresses abióticos, pois esta resposta é crucial para o rendimento de grãos, sendo que o ambiente desfavorável constitui o fator mais significativo, conduzindo a uma substancial e incalculável diminuição na produtividade.

O feijão é uma espécie com pouca tolerância a estresses hídricos, sendo que 60% do seu cultivo no planeta está submetido a este fator, tornando a seca o maior redutor da produtividade (AGUIAR et al., 2008; BEEBE et al., 2008).

A irrigação tem promovido significativos ganhos de produtividade na cultura do feijoeiro de terceira safra (ÁVILA et al., 2010). Além da terceira safra, a irrigação vem sendo utilizada como uma importante ferramenta até mesmo em períodos chuvosos, sendo comum no Estado de Goiás ocorrência de períodos de estiagem, os veranicos.

Vieira (2006) classifica o cultivo do feijoeiro em quatro níveis tecnológicos. O nível 1 é considerado de baixo nível tecnológico, sendo caracterizado pelo cultivo do feijoeiro comum em condições de sequeiro, baixo uso de insumos, utilização de sementes não certificadas e elevado gasto com mão de obra na colheita. O nível 2 é considerado de médio nível tecnológico, sendo caracterizado pelo cultivo em condições de sequeiro, elevado gasto com insumos, uso de sementes não certificadas e todas as operações agrícolas mecanizadas. Os níveis 3 e 4 são considerados de elevada tecnologia, sendo os níveis que empregam irrigação, utilização de sementes certificadas e todas as operações mecanizadas, sendo que a principal diferença está na adubação, com doses maiores, da ordem de 20 a 30% no nível 4, para N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O.

De maneira geral, a necessidade de água do feijoeiro com ciclo de 60 a 120 dias varia entre 300 e 500 mm (DOORENBOS e KASSAM, 1994).

A utilização da irrigação na cultura do feijoeiro tem proporcionado produtividades satisfatórias. Na maioria dos trabalhos, são observadas produtividades entre 1.800 e 2.500 kg ha<sup>-1</sup> (ARF et al., 2004; CHIEPPE JUNIOR et al., 2007, SANTANA et al., 2009). Em alguns casos, o rendimento do feijoeiro sob irrigação é mais expressivo, superior a 3.000 kg ha<sup>-1</sup> (LEMOS et al., 2004), ou acima de 4.000 kg ha<sup>-1</sup> (FARINELLI e LEMOS, 2010).

### **3. Algas marinhas na agricultura**

A partir dos anos 50, as algas marinhas passaram a ser comercializadas com objetivos de melhorar a taxa de germinação de sementes, crescimento do sistema radicular, produção de flores, frutificação e indução de resistência a pragas e doenças e de estimular respostas às condições de estresse, principalmente o hídrico (NORRIE, 2008).

Atualmente estão disponíveis para uso agrícola extratos de diversas espécies de algas como *Ascophyllum* spp., *Laminaria* spp., *Ecklonia maxima*, *Sargassum* spp., *Durvillaea* spp., entre outras. Análises de tecidos mostraram que entre 46 e 60% do

peso desta espécie é composta de carboidratos, como fucosoidinas, laminarinas e alginatos, que poderiam ter ação nos tecidos vegetais (CRAIG, 2011).

Muitas dessas macroalgas marinhas são biologicamente ativas, sendo um grande número delas ainda pouco estudadas e com potencial para uso na agricultura, como a *Durvillaea potatorum*.

A Comunidade Europeia faz uso frequente de produtos comerciais à base de extrato de algas para aplicações foliares ou no solo, em sistemas orgânicos ou convencionais de produção (MASNY et al., 2004).

O efeito benéfico que as algas marinhas apresentam às plantas cultivadas está relacionado à sua capacidade de aumento na assimilação de nutrientes, do conteúdo de clorofila, da síntese de proteína, divisão celular, da ação positiva sobre o crescimento radicular e parte aérea, como a melhoria da germinação das sementes (NORRIE, 2001).

Além de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, os extratos concentrados de algas marinhas (ECAMs) também disponibilizam, para as plantas, os micronutrientes Cu, Zn, Mn, B e Co, aminoácidos e as vitaminas B1, B2, C e E (STEPHENSON, 1968).

Também se observa presença de compostos ligados à defesa de plantas contra estresses, como betaínas, prolínas e hormônios como citocininas, auxinas e ácido abscísico, o que leva à hipótese de que, com a aplicação de tais compostos às plantas, poderiam ser obtidos melhor desenvolvimento e tolerância a estresses (GUIRY, 2012).

As algas marinhas melhoram a agregação do solo, minimizando a erosão e otimizando a aeração, aumentando a capacidade de retenção e de movimentação da água, desenvolvimento de raízes, além de fertilizá-lo (WILKIE e MULBRY, 2002).

No Brasil, o uso de extrato de algas é permitido como biofertilizante ou condicionador de solo, sendo também utilizado na alimentação de animais (MAPA, 1999). Seu uso como agente complexante em formulações fertilizantes é regulamentado pela Instrução Normativa 64, de 18/12/2008 (MAPA, 2008).

Efeitos da aplicação de extratos de algas nas plantas são relatados em diversos cultivos de importância para o Brasil como soja, trigo, batata, tomate, citros, cafeeiro entre outros (MÓGOR et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2011). Além disso, recentemente, está havendo a associação de extratos com outras substâncias, despertando o interesse da comunidade científica.

#### 4. Osmoprotetores

Esses solutos orgânicos são comumente conhecidos como osmólitos “compatíveis” ou osmoprotetores por serem solúveis e não interferirem com o metabolismo citoplasmático, mesmo em altas concentrações. Podem ser destacados dois papéis funcionais para esses solutos: a altas concentrações - ajuste osmótico; a baixas concentrações – função protetora (MUNNS, 2005).

O acúmulo de osmólitos em células de plantas resulta em um decréscimo no potencial osmótico e também na manutenção da absorção de água e pressão de turgor da célula, o que contribui para a manutenção dos processos fisiológicos, como abertura estomática, fotossíntese e crescimento da planta (MORGAN, 1984; BLUM, 1996).

Esses compostos podem beneficiar células estressadas pela ação como osmólitos citoplasmáticos, desse modo facilitando a absorção e retenção de água (HARE et al., 1998), e como proteção e estabilização de estruturas e macromoléculas (proteínas, membranas, cloroplastos e lipossomos) e proteção contra os danos induzidos por condições adversas (BOHNERT et al., 1995).

A glicina betaína (GB) é um osmólito compatível com ampla ação protetora das funções fisiológicas de células vegetais sob estresses abióticos, como estresse hídrico e salino. A glicina betaína desempenha importante função na adaptação das plantas ao estresse salino (YANG et al., 2003), requerida para proteger a planta em resposta aos vários tipos de estresse ambientais, mantendo o contrapeso da água entre a célula vegetal e o ambiente, estabilizando as macromoléculas (CHEN e MURATA, 2002; RONTEIN et al., 2002).

O principal papel da glicina betaína seria, provavelmente, de proteção das células vegetais por meio da preservação do balanço osmótico; de estabilização da estrutura de proteínas-chave, tal como a Rubisco; de proteção do aparato fotossintético; e de sua atuação como eliminadora de espécies reativas de oxigênio (ROS) (CHA-UM et al., 2006).

Existe uma gama de osmoprotetores com potencial para ser utilizado na agricultura. No entanto, pouco se conhece do comportamento dessas substâncias associadas a extratos de algas marinhas sobre as culturas, na proteção contra o déficit hídrico, especialmente sobre a espécie *Durvillaea potatorum*.

## OBJETIVOS

### 1. Geral

- Estudar os efeitos de osmoprotetores à base de extratos de algas marinhas na produtividade da cultura do feijoeiro, submetido à supressão de irrigação.

### 2. Específicos

- Avaliar o desempenho da cultura do feijão comum cultivado com aplicação de osmoprotetores à base de extratos de algas marinhas da espécie *Durvillaea potatorum* na safra de inverno, com ocorrência ou não de supressão hídrica;

- Avaliar os efeitos da aplicação de osmoprotetores nos parâmetros fisiológicos de trocas gasosas, fluorescência da clorofila a e teores de clorofila em feijoeiro cultivado sob supressão de irrigação, em condições de campo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRANTES, F. A.; SÁ, M. E.; SOUZA, L. C. D.; SILVA, M. P.; SIMIDU, H. M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; VALÉRIO FILHO, W. V.; ARRUDA, N. Uso do regulador de crescimento em cultivares de feijão de inverno. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 21, p. 148-154, 2011.
- AGUIAR, R. S.; MODA-CIRINO, V.; FARIA, R. T.; VIDAL, L. H. I. Avaliação de linhagens promissoras de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes ao déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 1-14, 2008.
- AIDAR, H.; SILVA, S. C. da; COUSKI, J. K.; THUNG, M. Sistema de produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais: época de plantio. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA, 2002. (**Circular Técnica, 55**). Disponível em: <[http://www.cnpaf.embrapa.br/CNPAF/publicação/circular técnica/ct\\_55](http://www.cnpaf.embrapa.br/CNPAF/publicação/circular_técnica/ct_55)> index.htm>. Acesso em: 15 jul. 2015.
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 131-138, 2004.
- ÁVILA, M. R.; BARIZÃO, D. A. O.; GOMES, E. P.; FEDRI, G.; ALBRECHT, L. P. Cultivo do feijoeiro no outono/inverno associado à aplicação de bioestimulante e adubo foliar na presença e ausência de irrigação. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 221-230, 2010.
- BEEBE, S. E.; IDUPULAPATI, R. A. O.; MATTHEW, W. B.; BUTARE, L. Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environments. **Crop Science**, Madison, v. 48, n. 2, p. 582-592, 2008.
- BLUM, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. **Plant Growth Regulation**. v.20, p.135-148. 1996.
- BOHNERT, H.J.; NELSEN, D.E.; JENSEN, R.G. Adaptation to environmental stresses. **Plant Cell**, v.7, p.1099–1111,1995.
- CALVACHE, A. M. et al. Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência no uso de água em uma cultura de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 54, n. 3, p. 481-488, 1997.
- CHA-UM, S, SUPAIBULWATANA, K, KIRDMANEE, C, Water relation, photosynthetic ability and growth of Thai jasmine rice (*Oryza sativa* L. ssp. *indica* cv. KDML 105) to salt stress by application of exogenous glycinebetaine and choline. **Journal Agronomy & Crop Science**, v. 192, p. 25-36, 2006.
- CHEN, THH, MURATA, N, Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. **Current Opinion in Plant Biology**, v.5, p. 250-257, 2002.

CHIEPPE JUNIOR, J. B.; PEREIRA, A. L.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; KLAR, A. E. Efeitos de níveis de cobertura do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro irrigado em sistema de plantio direto. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 177-184, 2007.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento safra brasileira: Grãos, v. 2 - Safra 2014/15, n.10 - Décimo levantamento. Brasília, 113p. 2015.

Craig, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, v.23, p.371-393, 2011.

CUSTÓDIO, C. C.; VIVAN, M. R.; NUNES, R. C. A.; AGOSTIN, E. A. T. Tolerância cruzada induzida por choque térmico na germinação de semente de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 131-143, 2009.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia do feijoeiro. In: \_\_\_\_\_. (Coord.) Tecnologia da produção do feijão irrigado. Piracicaba: ESALQ, 1997. p. 100-120.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Características agronômicas de genótipos de feijoeiro cultivados nas épocas da seca e das águas. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 361-366, 2010.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo en la planta de fríjol. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A. (Ed.). **Frijol: investigación y producción**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1985. p. 61-78.

FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A.; BERGAMASCHI, H. Alterações micrometeorológicas na cultura da soja submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.5, p.661-669, 1992.

FUSCALDI, K. da C.; PRADO, G.R. Análise econômica da cultura do feijão. **Revista política agrícola**. Ano xiv, n.1, jan./Fev./Mar. 2005.

Guiry, M. D. How many species of algae are there? **Journal of Phycology**, v. 48, p.1057-1063, 2012.

HARE, P.D.; CRESS, W.A.; VAN STADEN, J. Dissecting the roles of compatible osmolyte accumulation during stress. **Plant Cell Environ**, v.21, p.535-553, 1998.

KOBLITZ, M.G.B. Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, 2011. 301p.

LEMOS, L. B.; OLIVEIRA, R. S.; PALOMINO, E. C.; SILVA, T. R. B. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 319-326, 2004.

MAGALHÃES, A. A.; MILLAR, A. A.; CHOUDHURY, E. N. Efeito do déficit fenológico de água sobre a produção de feijão. **Turrialba**, San José, v. 29, n. 4, p. 269-373, 1979.

MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 64, 18 dez. 2008. Disponível em: < <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 7, de 17 de maio de 1999. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis>> Acesso em: 15 jul. 2015.

MASNY, A.; BASAK, A.; ZURAWICZ, E. Effects of foliar application of Kelpak SL and Goemar BM 86 preparations on yield and fruit quality in two strawberry cultivars. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, v. 12, p. 23-27, 2004.

MESQUITA, F.R. Linhagens de feijão: composição química e digestibilidade proteica. **Dissertação (Mestrado)**. Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos. Universidade Federal de Lavras, 44 p, 2005.

Mógor, A. F.; Ono, E. O.; Rodrigues, J. D.; Mógor, G. Aplicação foliar de extrato de alga, ácido l-glutâmico e cálcio em feijoeiro. **Scientia Agrária**, v.9, p. 431-437, 2008.

MORGAN, JM, Osmoregulation and water stress in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v.35, p.299-319. 1984.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v. 167, p. 645–663, 2005.

NORRIE, J. Advances in the use of *Ascophyllum nodosum* seaplant extracts for crop production. Laboratory and Field Research. Acadian Seaplants Ltd., Dartmouth, Nova Scotia, Canada. 2008. Disponível em: <<http://www.fluidfertilizer.com/>>. Acesso em: jul. 2015.

NORRIE, J. Aplicaciones practicas de productos de algas arinas en la agricultura. **Revista Terralia**, v. 23, p. 26-41, 2001. m

OLIVEIRA, D. Evapotranspiração máxima e necessidade de água para irrigação de feijão em seis locais do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7., 1991, Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/UFV, 1991. p. 236-237.

Oliveira, L. A. A. Góes, G. B. de; Melo, I. G. C.; Costa, M. E.; Silva, R. M. Uso de extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Verde**, v.6, p.1-4, 2011.

PEDROSO, T. Q.; SCALO, M. S.; CARVALHO, M. L. M. de; RESENDE, C. A. de; OTONI, R. R. Qualidade de sementes de cafeeiro produzidas em diferentes densidades de plantio e regimes hídricos. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 155-164, 2009.



- RAMOS JÚNIOR, E. U. Extração de nutrientes e comportamento do cultivar de feijão carioca precoce em função de níveis de fósforo e épocas de semeadura. 2006. 141p. Dissertação (Doutorado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.
- RONTEIN, D, BASSET, G, HANSON, AD, Metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in plants. **Metabolic Engineering**, v.4, p. 49-56, 2002.
- SANTANA, M. J.; SILVEIRA, A. L.; CAMARGOS, C. R.; BRAGA, J. C. Tensão de água no solo e doses de nitrogênio para a cultura do feijoeiro comum. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 4, p. 518-532, 2009.
- SILVEIRA, P.M. & STONE, L.F. Cultivo de feijão irrigado na região noroeste de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrigadoNoroesteMG/irrigacao.htm>>, 2005, acesso em: jul. 2015.
- STEPHENSON, W.A. Seaweed in agricultura and horticultura. **Faber and Faber**, London, 1968. 241 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: ARTMED, 719p., 2004.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: ARTMED, 848p., 2009.
- TERRA, T.G.R. Avaliação de características morfofisiológicas de tolerância à seca em uma coleção nuclear de acessos de arroz de terras altas (*Oryza Sativa* L.). 2008. 70f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Tocantins-UFT, Gurupi.
- VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa: UFV, p. 115-142, 2006.
- WANDER, A. E.; CHAVES, M. O. Consumo per capita de feijão no Brasil de 1998 a 2010: uma comparação entre o consumo aparente e o consumo domiciliar. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão – Artigos em anais de congressos, 2011. 4 p.
- WILKIE, A. C.; MULBRY, W. W. Recovery of dairy manure nutrients by benthic freshwater algae. **Bioresource Technology**, v. 84, p. 81-91, 2002.
- YANG, W. J.; RICH, P. J.; AXTELL, J. D.; WOOD, K. V.; BONHAM, C. C.; EJETA, G.; MICKELBART, M. V.; RHODES, D. Genotypic variation for glycine betaine in sorghum. **Crop Science**, Madison, v. 43, p. 162-169, 2003.
- ZLATEV, Z.; STOYANOV, Z. Effects of water stress on leaf water relations of young bean plants. **Journal Central European Agriculture**, Zagreb, v. 6, p. 5-14, 2005.

## CAPÍTULO I – PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO SOB SUPRESSÃO HÍDRICA E APLICAÇÃO DE OSMOPROTETORES

**Resumo:** O objetivo desse estudo foi avaliar o desempenho da cultura do feijão comum cultivado com aplicação de osmoprotetores à base de extratos de algas marinhas da espécie *Durvillaea potatorum*, na safra de inverno, com ocorrência ou não de supressão hídrica. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em parcelas subdivididas (4x7), quatro períodos de supressão (0, 7, 14, 21 dias) e nas subparcelas sete tipos de osmoprotetores. A aplicação dos tratamentos ocorreu em plena floração do feijoeiro. Três dias após a aplicação, foram instalados os tratamentos de supressão de irrigação. Foi feita análise de crescimento e de componentes de rendimento do feijoeiro. O uso de osmoprotetores à base de algas do gênero *Durvillaea* não afetou as variáveis altura de plantas, diâmetro de caule, massa seca de caule e vagens, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, grãos por vagem em plantas de feijão em cultivo com ocorrência ou não de supressão hídrica. As plantas de feijão estabelecidas em condição de restrição hídrica apresentaram menor massa seca de folhas e parte aérea e massa de cem grãos. O rendimento de grãos do feijoeiro foi influenciado pelo tipo de osmoprotetor e pelo período de supressão.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*, *Durvillaea potatorum*, déficit hídrico, rendimento

## YIELD BEAN UNDER HYDRIC SUPPRESSION AND APPLICATION OF OSMOPROTECTORS

**Abstract:** The this study aimed to evaluate the performance of common bean crop grown with application of osmoprotectors based on seaweed marine extracted, belonging *Durvillaea potatorum* species in winter crop, with and without occurrence of hydric suppression. The experimental design was in randomized block, in split-plot (4x7), four hydric suppression periods (0, 7, 14, 21 days) and in the split-plots seven osmoprotectors types. The application of the treatments occurred during entire blooming. Three days after applying, the deletion irrigation treatments were installed. It was made growth analysis and productivity of bean. The use of osmoprotectors based

on seaweed marine belonging to *Durvillaea* genus did not affect the variables plant height, stem diameter, dry mass of stems and pods, first pod height, number of pods per plant, seeds per pod in bean plants in crop with occurrence or without of hydric suppression. Bean plants established in water restriction condition have lower dry mass of leaves and shoots and mass of one hundred grains. The yield of bean grains is influenced by the type of osmoprotectors and the suppression period.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris*, *Durvillaea potatorum*, stress hydric, yield

## 1.1. INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos alimentos mais tradicionais na alimentação, com significativa importância social e econômica. O Brasil se destaca como maior produtor e consumidor mundial de feijão. Na safra 2014/2015, estima-se que, internamente, tenham sido cultivados aproximadamente 2,977 milhões de hectares de feijão, com rendimento médio de 1.058 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2015), média considerada baixa.

O déficit hídrico é uma das principais causas do insucesso da cultura, segundo Carvalho et al. (2014), especialmente em três estádios críticos, que são a germinação, florescimento e enchimento de grãos, acarretando baixo rendimento de grãos (Soratto et al., 2003).

Extratos de diversas espécies de algas como *Ascophyllum* spp., *Laminaria* spp., *Ecklonia* spp., *Sargassum* spp. e *Durvillaea* spp. vêm sendo utilizados na agricultura para minimizar as perdas causadas pela restrição hídrica. Análises de tecidos mostraram que entre 46 e 60% do peso destas espécies é composto por carboidratos, que poderiam ter ação na sinalização em tecidos vegetais (Craig, 2011).

Também se observa presença de compostos ligados à defesa das plantas contra estresses (Guiry, 2012), promovendo melhor desenvolvimento vegetativo, principalmente de raízes, e maior tolerância a estresses abióticos (como seca e salinidade) e bióticos (Sharma et al., 2014).

Efeitos da aplicação de extratos de algas nas plantas são relatados em diversos cultivos de importância para o Brasil, tais como soja, trigo, batata, cafeeiro, entre outros (Mógor et al., 2008; Oliveira et al., 2011). A hipótese deste estudo é que pelo menos um

dos osmoprotetores poderia minimizar os efeitos do déficit hídrico no feijoeiro em determinados períodos de supressão hídrica. Diante do exposto, objetivou-se nesse trabalho avaliar o desempenho do feijão comum cultivado com aplicação de osmoprotetores à base de extratos de algas marinhas da espécie *Durvillaea potatorum*, na safra de inverno, com ocorrência ou não de supressão hídrica.

## 1.2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no campo experimental IF Goiano *Campus* Rio Verde, localizado em Rio Verde, GO, em altitude de 750 m. O clima da região é do tipo Aw (Köppen-Geiger) - Tropical, com chuvas concentradas no verão (outubro a abril) e um período seco bem definido durante a estação de inverno (maio a setembro), com precipitação média anual que varia de 1200 a 1500 mm. Nessa região, é comum a ocorrência de “veranicos” em plena estação chuvosa, geralmente nos meses de janeiro a março, normalmente com duração de cerca de 10 a 15 dias, podendo, eventualmente, prolongar-se por um tempo maior.

A área experimental alocada sobre Latossolo Vermelho distroférico apresentou as seguintes características físico-químicas, determinadas na profundidade de 0 a 20 cm: pH (CaCl<sub>2</sub>) de 6,2; P de 7,06 mg dm<sup>-3</sup>; K de 204 mg dm<sup>-3</sup>; Ca de 5,77 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg de 1,63 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al de 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V% de 42 e M.O. de 63,42 g kg<sup>-1</sup>.

Os dados climatológicos durante a condução do experimento encontram-se na Figura 1.

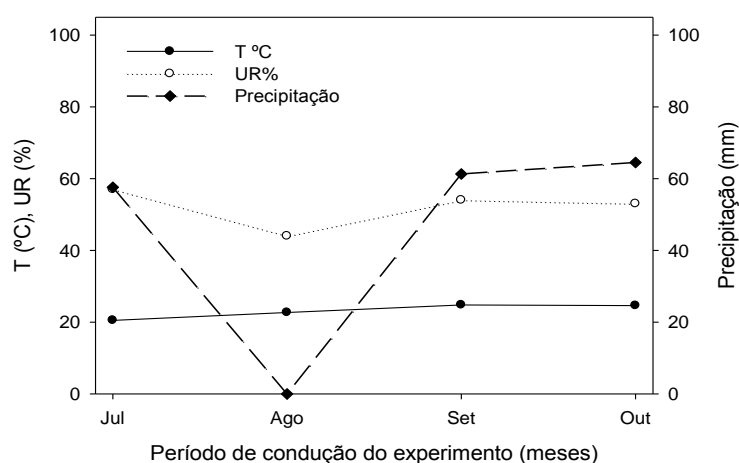


Figura 1. Dados climatológicos referentes a Temperatura (°C), Umidade relativa do ar (UR (%)) e precipitação (mm), no período de condução do experimento, Rio Verde – GO.

O preparo convencional do solo foi constituído por uma gradagem com grade aradora e duas gradagens com grade niveladora, tendo ocorrido a semeadura do feijão no dia subsequente ao preparo. Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo, previamente tratadas com fungicidas carboxin + tiram, nas doses de 60 + 60 gramas do ingrediente ativo, respectivamente, para 100 kg de sementes. A semeadura foi manual, usando espaçamento de 0,50 m entre linhas, distribuindo-se 14 sementes por metro linear de sulco, na profundidade de 0,04 m.

Na adubação de semeadura, foram utilizados 300 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 4-30-16 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O), e em cobertura, 300 kg ha<sup>-1</sup> de ureia aplicados aos 20 e 35 dias após a emergência (DAE). A semeadura foi feita em 14 de julho de 2014. Visando ao controle de plantas daninhas, foram feitas capinas manuais até o fechamento do dossel da cultura.

Foram feitas três aplicações do fungicida Nativo<sup>®</sup> (trifloxistrobina + tebuconazol), nas doses de 0,5; 0,6 e 0,8 L ha<sup>-1</sup>, para controle de doenças nos estádios fenológicos R1, R3 e R5, e uma aplicação de inseticida metamidofós (Metamidofós Fersol<sup>®</sup>), na dose de 0,8 L ha<sup>-1</sup>, em R6, para controle de mosca branca (*Bemisia spp.*), percevejo verde (*Nezara viridula*), percevejo marrom (*Euchistus heros*) e vaquinha (*Diabrotica speciosa*).

O delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas no esquema 4 x 7. Nas parcelas, foi alocada a condição de períodos de supressão de irrigação de 0, 7, 14, 21 dias; e nas subparcelas, foi feita a aplicação dos osmoprotetores à base de extratos de algas marinhas (T1- EA/GB/KPM/AS; T2- EA/GB/KPM; T3-EA/AS/KPM; T4-EA/KPM; T5-EA/GB; T6- EA; T7- Sem osmoprotetores). As unidades experimentais constaram de quatro linhas de feijão com 5 m de comprimento, sendo consideradas apenas as duas linhas centrais como área útil, e descartado 0,50 m em cada extremidade.

O sistema de irrigação usado no experimento foi o de gotejamento superficial, vazão nominal de 1,0 L h<sup>-1</sup>, espaçamento entre gotejadores de 0,20 m.

A avaliação do sistema de irrigação foi feita segundo metodologia proposta por Keller e Karmeli (1974), em que é medida a vazão de quatro gotejadores por linha lateral em quatro linhas laterais representativas no sistema, totalizando 16 gotejadores monitorados em uma das parcelas que irá receber uma lâmina de irrigação igual a 100% da RH. A uniformidade de distribuição foi calculada pela equação 1:

$$CUD = \frac{q_{25\%}}{q_{média}} \cdot 100 \quad (1)$$

em que:

*CUD* – uniformidade de distribuição (%);

*q*<sub>25%</sub> -vazão média de ¼ dos menores valores (L.h<sup>-1</sup>); e

*q*<sub>média</sub> – vazão média (L h<sup>-1</sup>).

O sistema de irrigação apresentou coeficiente de uniformidade de distribuição (*CUD*) de 92,5%. Segundo Merriam e Keller (1978), valores de *CUD* maiores que 90% são classificados como excelentes.

A irrigação foi conduzida com base em tensiometria digital de punção, com sensibilidade de 0,1 kPa, sendo as hastes tensiométricas instaladas nas profundidades de 0,10; 0,20 e 0,30 m e distância de 0,10 m do tubo gotejador, paralelamente à linha de cultivo, espaçadas de 0,20 m entre as hastes, com leitura do potencial matricial do solo ( $\Psi_m$ ) registrada diariamente.

Para determinar a necessidade de irrigação, utilizou-se tensão crítica de 50 KPa, com base no trabalho realizado por Figuerêdo et al. (2008), que definiram o nível de tensão de água no solo mais adequado para o início das irrigações do feijoeiro no cerrado, visando a maiores lucratividades. As características físico-hídricas do solo foram determinadas pela curva de retenção de água no solo, de acordo com Van Genuchten (1980).

As aplicações dos tratamentos à base de extratos de algas foram feitas no estágio de floração plena do feijoeiro (estádio R6 aos 45 DAE), utilizando um pulverizador costal, equipado com cilindro de CO<sub>2</sub>, a pressão constante de 2,5 bar, equipado com barra de aplicação com quatro pontas tipo leque, modelo TT11002, tendo sido aplicado o equivalente a 150 L ha<sup>-1</sup> de calda. Após três dias da aplicação dos osmoprotetores, foram iniciados os tratamentos de supressão de irrigação da seguinte forma: a irrigação foi suspensa em todos os tratamentos, exceto no tratamento sem osmoprotetores (T7). Após 7, 14 e 21 dias, foram restabelecidas as irrigações nos respectivos períodos de supressão, conforme a necessidade hídrica da cultura, até a maturação fisiológica.

Para a caracterização das variáveis de crescimento do feijoeiro, foram avaliações biométricas aos 7, 14 e 21 dias, correspondentes aos tratamentos de supressão da irrigação, utilizando três plantas da área útil de cada unidade experimental.

As variáveis analisadas nesse experimento foram: Altura de Plantas (AP), área foliar (AF), número de folhas (NF), diâmetro de caule (DC), matéria fresca de folha (MFFH), matéria fresca de caule (MFCL), matéria fresca de vagem (MFVG), matéria seca de parte aérea (MSPA), matéria seca de folha (MSFH), matéria seca de caule (MSCL), matéria seca de vagem (MSVG), matéria seca de parte aérea (MSPA), altura de inserção da 1ª vagem (A1ªVG), número de vagens por planta (NVGPL), número de grãos por vagem (NGVG), vagens chochas (Vgch), massa de 100 grãos (M100G), índice de colheita (IC) e produtividade de grãos (PROD).

A avaliação de AP foi feita com trena métrica, da superfície do solo até o ápice da planta. A AF foi determinada pela análise de imagens através do software ImageJ. O DC foi medido com paquímetro digital com precisão de 0,01 mm rente à superfície do solo. O NF foi feito pela contagem direta na planta, contando-se todas as folhas totalmente expandidas em três plantas de cada unidade experimental. As matérias frescas MFFH, MFCL, MFVG foram obtidas pela pesagem direta e as matérias secas MSFH, MSCL, MSVG, com a utilização de uma balança de resolução igual a 0,01 g, após 72 h de permanência das partes da planta em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até a obtenção de massa constante.

A altura de inserção da primeira vagem (A1ªVG) foi determinada pela média de três plantas por unidade experimental, tendo sido medida com uma trena métrica, do colo da planta até a altura da inserção da primeira vagem.

Por ocasião da colheita do feijoeiro, aos 96 DAE, foram colhidas manualmente as plantas da área útil e, posteriormente, escolhidas ao acaso dez plantas nas quais foram contados o número de vagens por planta (NVGPL) e o número de vagens chochas (Vgch). Dessas plantas, foram selecionadas 50 vagens coletadas aleatoriamente, determinando-se o número de grãos por vagem e a massa de 100 grãos, em duplicata. O índice de colheita (IC) foi determinado pela razão entre a massa da parte aérea e a massa de grãos da área útil de cada parcela.

A produtividade foi determinada na área útil de cada unidade experimental, desprezando-se 0,5 m em cada extremidade. As plantas foram arrancadas, retiradas as raízes e, posteriormente, levadas a sol pleno para facilitar a trilha do material. Os

valores do rendimento de grãos e da massa de 100 grãos foram corrigidos para 13% de umidade.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando detectada significância dos efeitos de tratamentos, foram feitas a análise de comparações múltiplas pelo teste de Tukey para os dados qualitativos e a análise de regressão para os dados quantitativos, com 0,01 e 0,05 de significância, utilizando o software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2003).

### 1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se, na análise de variância, Tabela 1, que a interação entre período de supressão e osmoprotetores não foi significativa para altura de plantas (AP), número de folhas (NF), diâmetro de caule (DC) e área foliar (AF). No entanto, quando analisadas isoladamente, as variáveis número de folhas (NF) e área foliar (AF) foram significativas para período de supressão.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), número de folhas (NF) diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF) do feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídricas e osmoprotetores à base extratos de algas marinhas

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		AP	NF <sup>1</sup>	DC	AF <sup>1</sup>
Período de Supressão (PS)	3	595,20 <sup>ns</sup>	1,81*	2,64 <sup>ns</sup>	220,47**
Bloco	2	252,08 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	12,16 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	6	202,94	0,24	0,70	27,78
Osmoprotetores (O)	6	41,49 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	26,72 <sup>ns</sup>
Interação PS x O	18	108,38 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	34,81 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	48	90,06	0,38	0,46	30,69
CV (a)		16,00	12,92	12,03	16,78
CV (b)		10,66	16,23	9,78	17,64
		Médias			
Período de Supressão		cm	-	mm	cm <sup>2</sup>
0 dias		91,48	17,14	7,35	1215,42
7 dias		81,45	15,71	6,50	1052,57
14 dias		93,64	15,33	7,06	1076,54
21 dias		89,62	12,00	6,91	748,99
Osmoprotetores		cm	-	mm	cm <sup>2</sup>
EA/GB/KPM/AS		86,92	14,75	6,89	949,85
EA/GB/KPM		92,33	14,08	7,05	1004,69
EA/AS/KPM		87,42	15,00	7,13	957,41
EA/KPM		89,04	17,00	6,97	1123,48



EA/GB	87,87	13,17	6,77	964,31
EA	89,92	17,25	6,98	1162,35
Nenhum	89,83	14,08	6,90	1001,56

\*, \*\* significativo a 5 e 1% de probabilidade; ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação. <sup>1</sup> Dados transformados em raiz de X. EA/GB/KPM/AS; EA/GB/KPM; EA/AS/KPM; EA/KPM; EA/GB; EA; Nenhum.

Na Figura 2, observa-se que o comportamento das variáveis número de folha e área foliar é linear e descendente, ou seja, diminuiu à medida que foi aumentado o período de supressão.

No tratamento que não recebeu supressão de irrigação, o número médio de folhas foi estimado pela equação de regressão, em 17,42 folhas por planta, já no tratamento que recebeu 21 dias de supressão de irrigação, o número médio de folhas foi estimado em 12,67 folhas por planta, redução de 27,23% em relação ao tratamento sem supressão de irrigação, ou seja, nota-se um decréscimo de 1,30% por aumento unitário na supressão de irrigação. Nascimento et al. (2011), trabalhando com irrigação de feijão caupi, constataram maiores reduções no número de folha por planta, 23 e 35%, respectivamente, para os níveis de 60 e 40% de água disponível do solo.

A redução do número de folhas pode acarretar diminuição da área fotossinteticamente ativa, o que pode levar a uma menor produção de fotoassimilados. Oliveira et al. (2004) constataram que quanto menor o número de folhas, menor será a área foliar, refletindo-se diretamente na produtividade das culturas.

A diminuição do número de folhas é considerada por Taiz e Zeiger (2004) uma reação comum das plantas em situações de déficit hídrico, quando a abscisão foliar é estimulada pela síntese acentuada e maior sensibilidade ao etileno. Esses resultados evidenciam a importância da água para a cultura do feijoeiro, sendo o correto manejo da irrigação indispensável.

A área foliar (AF) estimada pela equação de regressão, Figura 2B, variou, em média, de 1229,68 cm<sup>2</sup> nos tratamentos que não receberam supressão de irrigação a 817,09 cm<sup>2</sup> nos tratamentos que receberam 21 dias de supressão de irrigação, representando uma diminuição de 1,60% para cada aumento de um dia de supressão, gerando, assim, uma redução de 33,55% na área foliar ao utilizar 21 dias de supressão de irrigação. A área foliar é um importantíssimo parâmetro na determinação da capacidade fotossintética, da densidade ótima de plantio, da relação solo-água-planta ou em investigações sobre nutrição de várias culturas. Ela se relaciona com o metabolismo da planta, produção de matéria seca e produtividade (SEVERINO et al., 2004).

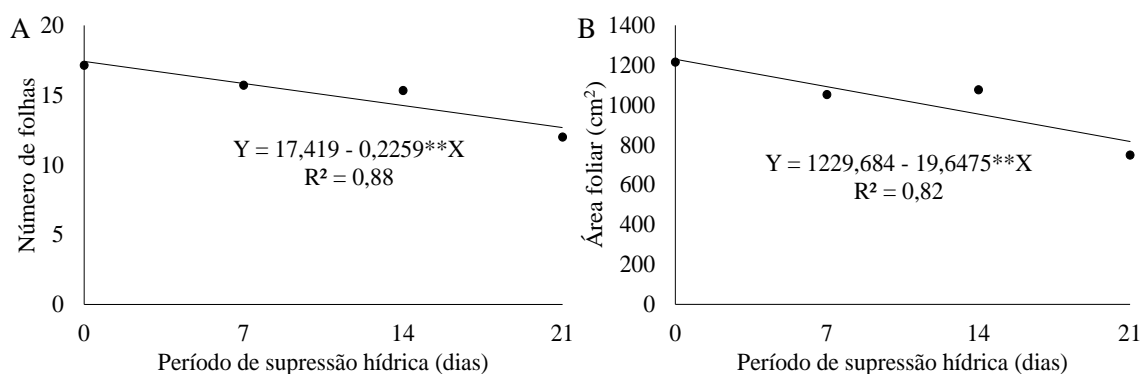


Figura 2. Número de folhas (A) e área foliar (B) do feijoeiro em função do período de supressão hídrica.

A Tabela 2 mostra o resumo da análise de variância para as variáveis matéria fresca das folhas (MFFH), matéria fresca do caule (MFCL), matéria fresca das vagens (MFVG) e matéria fresca da parte aérea (MFPA), sendo que a interação entre o período de supressão e os osmoprotetores não apresentou significância para as variáveis analisadas. Entretanto, quando analisadas de forma independente para período de supressão, as variáveis matéria fresca de folha (MFFH) e matéria fresca da parte aérea (MFPA) apresentaram significância; já para osmoprotetores, nenhuma das variáveis foi significativa.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para matéria fresca de folhas (MFFH), matéria fresca do caule (MFCL), matéria fresca das vagens (MFVG) e matéria fresca da parte aérea (MFPA) do feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídricas e osmoprotetores à base extratos de algas marinhas

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		MFFH <sup>1</sup>	MFCL <sup>1</sup>	MFVG <sup>1</sup>	MFPA
Período de Supressão (PS)	3	10,21**	4,26 <sup>ns</sup>	6,90 <sup>ns</sup>	9241,96*
Bloco	2	1,81 <sup>ns</sup>	3,01 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	2365,31 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	6	1,00	1,36	1,88	1608,17
Osmoprotetores (O)	6	0,67 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	655,81 <sup>ns</sup>
Interação PS x O	18	0,89 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	881,62 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	48	0,71	0,36	1,39	1247,74
CV (a)		18,23	20,95	15,54	28,20
CV (b)		15,35	10,85	13,36	24,84
Médias					
Período de Supressão		----- gramas -----			
0 dias		38,37	37,73	93,27	169,37
7 dias		31,15	28,46	68,98	128,59
14 dias		34,54	33,53	79,73	147,81
21 dias		21,24	26,97	74,87	123,08
Osmoprotetores		----- gramas -----			

EA/GB/KPM/AS	29,55	32,38	85,42	147,35
EA/GB/KPM	30,98	33,58	83,8	148,36
EA/AS/KPM	29,29	30,71	74,28	134,29
EA/KPM	33,68	31,05	74,09	138,82
EA/GB	30,13	29,25	74,56	133,94
EA	35,59	32,59	84,76	152,94
Nenhum	30,04	32,15	77,59	139,79

\*, \*\* significativo a 5 e 1% de probabilidade; ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação. <sup>1</sup> Dados transformados em raiz de X EA/GB/KPM/AS; EA/GB/KPM; EA/AS/KPM; EA/KPM; EA/GB; EA; Nenhum.

A produção de matéria fresca de folhas (MFFH) e de matéria fresca da parte aérea (MFPA) mostrou comportamento linear decrescente (Figura 3). A produção de matéria fresca de folha, Figura 3A, estimada pela equação de regressão, variou em média de 38,52 g planta<sup>-1</sup> nos tratamentos que não receberam supressão de irrigação a 24,12 g planta<sup>-1</sup> nos tratamentos que receberam 21 dias de supressão da irrigação, representando uma diminuição de 1,78% para cada aumento de um dia de supressão, gerando, assim, uma redução de 37,38% na MFFH ao utilizar 21 dias de supressão de irrigação.

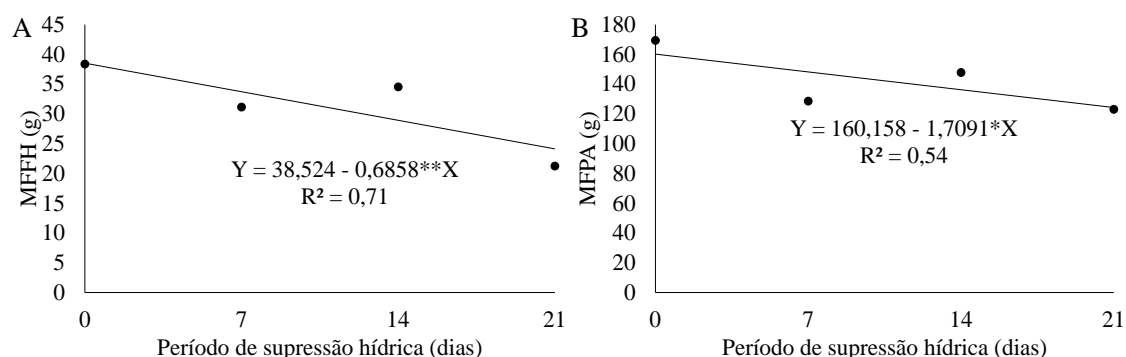


Figura 3. Matéria fresca das folhas (A) e matéria fresca da parte aérea (B) do feijoeiro em função do período de supressão hídrica.

Estimando a produção de matéria fresca de parte aérea, segundo a equação de regressão, nota-se que houve uma variação de 160,16 até 124,27 g planta<sup>-1</sup>, Figura 3B, representando uma queda de 22,41%, quando comparado o maior período de supressão de irrigação com e sem supressão de irrigação.

Gonçalves (2013) desenvolveu ensaio de identificação de linhagens de feijoeiro tolerantes à seca com aplicação de índice de intensidade de estresse hídrico de 53%, o que ocasionou reduções nas características de produção, fisiológicas e morfológicas,

sendo tais reduções de 59,56% para matéria fresca de folhas (MFFH) e de 54,81% para matéria fresca da parte aérea (MFPA), respectivamente.

Os valores encontrados nessa pesquisa para as variáveis matéria fresca de folhas (MFFH) e matéria fresca de parte aérea (MFPA) estão abaixo dos encontrados por Gonçalves (2013), provavelmente devido à utilização dos osmoprotetores como minimizadores do efeito do déficit hídrico, características da cultivar utilizada nesse experimento, características do solo, entre outros fatores bióticos e abióticos.

Segundo Gonçalves (2013), essas reduções são prejudiciais para a produtividade e componentes de rendimento.

A Tabela 3 mostra o resumo da análise de variância para as variáveis matéria seca de folhas (MSFH), matéria seca de caule (MSCL), matéria seca de vagens (MSVG) e matéria seca da parte aérea (MSPA) do feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídrica e osmoprotetores à base de extratos de algas marinhas.

Ao analisar os dados da Tabela 3, é possível observar que, para as variáveis analisadas, a interação entre os períodos de supressão de irrigação e os osmoprotetores não foi significativa, assim como para o fator osmoprotetores. Ao fazer uma análise isolada, para períodos de supressão de irrigação, observa-se que houve diferença significativa para matéria seca de folhas (MSFH) e matéria seca da parte aérea (MSPA).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para matéria seca das folhas (MSFH), matéria seca do caule (MSCL), matéria seca das vagens (MSVG) e matéria seca da parte aérea (MSPA) do feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídricas e osmoprotetores à base extratos de algas marinhas

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		MSFH	MSCL	MSVG	MSPA
Período de Supressão (PS)	3	91,93**	44,66 <sup>ns</sup>	184,00 <sup>ns</sup>	703.40*
Bloco	2	6,99 <sup>ns</sup>	2,17 <sup>ns</sup>	9,17 <sup>ns</sup>	0.63 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	6	7,14	9,39	46,77	98.52
Osmoprotetores (O)	6	2,58 <sup>ns</sup>	1,26 <sup>ns</sup>	48,77 <sup>ns</sup>	62.99 <sup>ns</sup>
Interação PS x O	18	8,31 <sup>ns</sup>	2,38 <sup>ns</sup>	32,86 <sup>ns</sup>	80.94 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	48	5,10	4,79	66,01	128.05
CV (a)		20,64	21,57	22,17	17.11
CV (b)		17,44	15,41	26,34	19.51
Médias					
Período de Supressão		----- gramas -----			
0 dias		14,50	15,93	34,96	65,42
7 dias		13,56	13,58	28,10	55,24
14 dias		13,88	14,75	30,72	59,34
21 dias		9,87	12,56	29,57	52,00
Osmoprotetores		----- gramas -----			

EA/GB/KPM/AS	12,92	14,28	34,39	59,19
EA/GB/KPM	12,80	14,69	31,69	61,59
EA/AS/KPM	12,45	13,98	30,35	56,78
EA/KPM	13,47	14,24	28,44	56,16
EA/GB	12,61	13,64	28,86	55,12
EA	13,70	14,36	31,82	59,88
Nenhum	12,70	14,23	30,36	57,29

\*; \*\* significativo a 5 e 1% de probabilidade; ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação. EA/GB/KPM/AS; EA/GB/KPM; EA/AS/KPM; EA/KPM; EA/GB; EA; Nenhum.

Para a variável matéria seca de folhas, o comportamento foi linear decrescente, Figura 4A, sendo a maior média estimada onde não houve supressão de irrigação, de 14,99 g planta<sup>-1</sup>, e a menor média no período de supressão de 21 dias, de 10,91 g planta<sup>-1</sup>, representando um decréscimo de 1,29% por aumento unitário na supressão de irrigação, ou seja, uma diminuição de 27,18%, quando comparado o tratamento que não recebeu supressão da irrigação com o tratamento que recebeu 21 dias de supressão de irrigação.

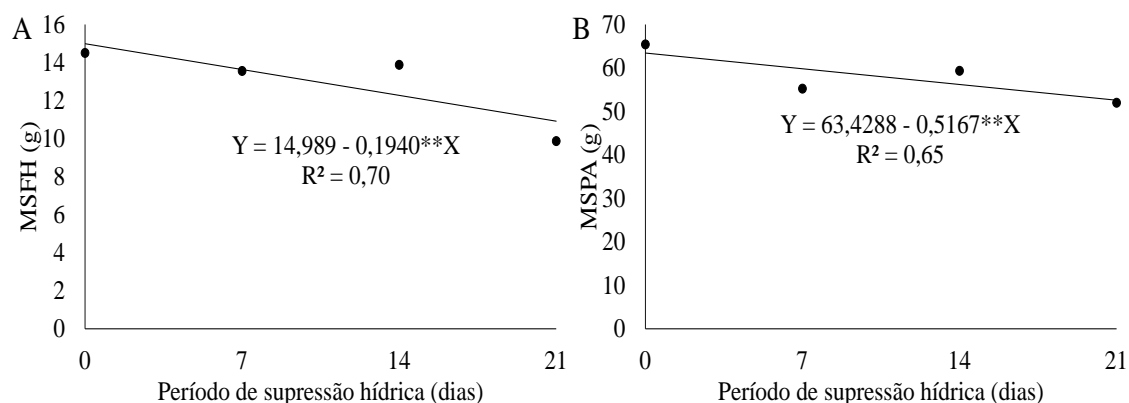


Figura 4. Matéria seca das folhas (A) e matéria seca da parte aérea (B) do feijoeiro em função do período de supressão hídrica.

Quando analisamos a Figura 4B, é possível notar que a análise de regressão também apresenta um comportamento linear decrescente para a variável matéria seca da parte aérea em função dos períodos de supressão de irrigação. Os tratamentos sem supressão de irrigação apresentaram média estimada pela equação de regressão de 63,43 g planta<sup>-1</sup> e, aos 21 dias de supressão de irrigação, apresentaram a menor média, 52,58 g planta<sup>-1</sup>, representando uma queda de 17,11% para cada aumento de 21 dias na supressão de irrigação.

Gonçalves (2013), ao avaliar genótipos de feijoeiro submetidos a déficit hídrico, constatou reduções para matéria seca de folhas (MSFH) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de 49,65% e 33,09%, respectivamente.

Oliveira et al. (2008), ao conduzirem um estudo sobre o efeito do estresse hídrico no feijoeiro, cultivar capixaba precoce, também constataram que a matéria seca da parte aérea foi menor nas plantas em que havia redução na disponibilidade de água no solo.

Os resultados obtidos nesse trabalho indicam que os osmoprotetores podem ser uma boa alternativa para menores períodos de déficit hídrico, como pequenas estiagens, para a produção de matéria seca da parte aérea, Figura 4B, em que a queda foi menos acentuada que a matéria seca das folhas, indicando maior estabilidade dos componentes morfológicos e produtivos da planta do feijoeiro, matéria seca do caule (MSCL) e matéria seca de vagens (MSVG), respectivamente, em relação aos períodos de supressão de irrigação, provavelmente do efeito benéfico da associação com os osmoprotetores.

A análise das variáveis altura de inserção da primeira vagem (A1<sup>a</sup>VG), número de vagens (NVG), número de vagens por planta (NVGPL), número de grãos por vagens (NGVG) e vagens chochas (VGCh) do feijoeiro submetido a diferentes períodos de supressão hídricas e osmoprotetores à base extratos de algas marinhas, Tabela 4, permite observar que a interação entre período de supressão de irrigação e osmoprotetores não foi significativa, nem mesmo quando analisadas isoladamente, essas variáveis apresentaram diferenças significativas nesse experimento.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para altura de inserção da primeira vagem (A1<sup>a</sup>VG), número de vagens por planta (NVGPL), número de grãos por vagem (NGVG) e vagens chochas (VGCh) do feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídrica e osmoprotetores à base de extratos de algas marinhas

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios			
		A1 <sup>a</sup> VG	NVGPL <sup>1</sup>	NGVG <sup>1</sup>	VGCh <sup>1</sup>
Período de Supressão (PS)	3	27,73 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,189 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>
Bloco	2	67,97 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	6	17,79	0,52	0,219	0,49
Osmoprotetores (O)	6	12,50 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>
Interação PS x O	18	9,69 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,054 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	48	6,93	0,16	0,030	0,50
CV (a)		25,83	17,27	20,74	29,28
CV (b)		16,13	9,69	7,67	29,58
Médias					
Período de Supressão		cm	-	-	-
0 dias		15,12	17,41	4,75	4,76
7 dias		15,73	18,60	5,02	5,81
14 dias		17,73	17,67	5,03	6,81
21 dias		16,74	16,95	5,81	7,38

Osmoprotetores	cm	-	-	-
EA/GB/KPM/AS	15,17	18,33	18,67	5,41
EA/GB/KPM	15,31	18,25	19,47	5,07
EA/AS/KPM	17,20	15,67	15,72	5,10
EA/KPM	16,89	15,58	17,44	5,31
EA/GB	17,90	15,58	18,11	5,15
EA	15,89	18,42	17,22	4,98
Nenhum	15,94	16,42	16,97	5,03

\*, \*\* significativo a 5 e 1% de probabilidade; ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação. <sup>1</sup> Dados transformados em raiz de X. EA/GB/KPM/AS; EA/GB/KPM; EA/AS/KPM; EA/KPM; EA/GB; EA; Nenhum.

Cargnelutti Filho et al. (2008), ao fazerem estudo referente ao tamanho de amostra necessária para avaliar caracteres de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), concluíram que há variabilidade da estimativa do tamanho de amostra entre cultivares quanto à altura de inserção da última vagem, ao número de vagens por planta e ao número de sementes por planta. Entre experimentos (épocas e anos), há variabilidade quanto à altura de inserção de primeira vagem, à altura de inserção de última vagem, ao número de vagens por planta, ao número de sementes por planta e ao número de sementes por vagem.

O que pode ter ocorrido com esses resultados, por não terem apresentado diferenças significativas, pode ser atribuído a características genéticas e morfológicas inerentes à cultivar utilizada, uma vez que se utilizou somente uma cultivar nessa pesquisa, a BRS Estilo.

De acordo com Cargnelutti Filho et al. (2008), para melhorar a precisão da avaliação de caracteres em plantas de feijão, devem ser usados maior número de repetições e, pelo menos, 10 plantas por unidade experimental.

Na Tabela 5, consta o resumo da análise de variância para as variáveis massa de 100 grãos (M100G), índice de colheita (IC) e produtividade do feijoeiro (PROD), submetido a diferentes períodos de supressão hídricas e osmoprotetores à base extratos de algas marinhas. Quando analisadas de forma isolada para períodos de supressão, as variáveis massa de 100 grãos (M100G), índice de colheita e produtividade, apenas a variável massa de 100 grãos apresentou diferenças significativas.

A variável índice de colheita (IC) apresentou significância em relação aos osmoprotetores. A interação entre períodos de supressão de irrigação e osmoprotetores foi significativa para a variável produtividade (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para massa de 100 grãos (M100G), índice de colheita (IC) e produtividade (PROD) do feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídrica e osmoprotetores à base de extratos de algas marinhas

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		M100G	IC	PROD
Período de Supressão (PS)	3	31,66**	77,15 <sup>ns</sup>	779258,29 <sup>ns</sup>
Bloco	2	10,24**	15,29 <sup>ns</sup>	61078,08 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	6	0,33	20,13	536492,42
Osmoprotetores (O)	6	1,52 <sup>ns</sup>	402,57**	19686,38 <sup>ns</sup>
Interação PS x O	18	0,72 <sup>ns</sup>	33,83 <sup>ns</sup>	208555,49*
Resíduo (b)	48	1,58	25,52	109871,44
CV (a)		2,29	6,86	27,19
CV (b)		4,97	7,73	12,30
		Médias		
Período de Supressão		G		Kg ha <sup>-1</sup>
0 dias		26,01	64,99	2720,15
7 dias		25,87	63,96	2759,63
14 dias		25,75	64,36	2874,29
21 dias		23,43	68,17	2422,29
Osmoprotetores				
EA/GB/KPM/AS		25,18	70,23 a	2664,35
EA/GB/KPM		25,42	70,14 a	2680,96
EA/AS/KPM		24,92	68,83 a	2700,1
EA/KPM		24,92	67,17 a	2634,24
EA/GB		25,09	66,13 ab	2752,73
EA		25,44	60,42 bc	2690,71
Nenhum		25,92	54,66 c	2735,53

\*; \*\* significativo a 5 e 1% de probabilidade; ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação. EA/GB/KPM/AS; EA/GB/KPM; EA/AS/KPM; EA/KPM; EA/GB; EA; Nenhum. Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável massa de 100 grãos, o maior valor estimado pela equação de regressão, Figura 5, quando se aplica uma supressão na irrigação de 5,47 dias, foi de 26,24 g, e o menor valor estimado no tratamento que recebeu 21 dias de supressão de irrigação foi de 23,56 g, sendo que o melhor ajuste que representa esse comportamento foi o quadrático (Figura 5). Tais resultados confirmam aqueles encontrados por Gomes et al. (2012), que obtiveram 25,8 g para a variável massa de 100 grãos, aplicando uma lâmina de 333 mm na cultura de feijão.



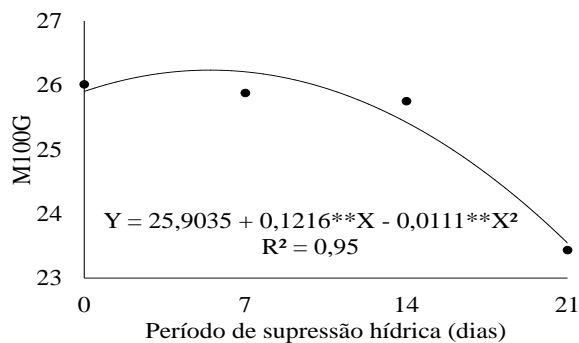


Figura 5. Massa de 100 grãos do feijoeiro em função do período de supressão hídrica.

Nos tratamentos que receberam 7 e 14 dias de supressão de irrigação, houve queda de 0,10 e 3,07% em relação ao ponto máximo, sendo mais acentuada aos 21 dias de supressão de irrigação (10,19%).

Esse comportamento indica que essa cultivar, nessas condições, pode suportar um déficit de até 14 dias, sem comprometer de maneira drástica a produtividade do feijoeiro, haja vista que a massa de 100 grãos é um dos principais componentes produtivos do feijoeiro.

Para índice de colheita (IC), o osmoprotetor T1 (EA/GB/KPM/AS) apresentou a maior média, 70,23%, e a testemunha, a menor média, 54,66%. No entanto, o T1 foi estatisticamente igual ao T2 (EA/GB/KPM), T3 (EA/AS/KPM), T4 (EA/KPM) e T5 (EA/GB), diferindo apenas do T6 (EA) e T7 (Sem aplicação de osmoprotetores). Tais resultados evidenciam a importância dos osmoprotetores à base de extratos de algas no componente índice de colheita.

De acordo com Snyder e Carlson (1984), o índice de colheita do feijoeiro varia de 39 a 58%, dependendo da cultivar plantada. Santi et al. (2006) verificaram índices de colheita de 41 e 46% para as cultivares Nobre e Pérola, respectivamente. Os índices de colheita (IC) encontrados nesse trabalho estão acima dos encontrados pelos autores citados anteriormente, exceto para a testemunha, 54,66%, em que não foi aplicado nenhum dos osmoprotetores. Para os tratamentos que receberam aplicação de osmoprotetores, a média do índice de colheita foi de 67,15%.

Tais resultados podem ser indicativos de que os osmoprotetores, além de atuarem na minimização do déficit hídrico, também atuam no incremento da parte reprodutiva de interesse, principalmente em condições adversas como a de déficit hídrico, e dependendo do estágio em que ele ocorre, é um mecanismo natural da planta para investir na sobrevivência da espécie. No caso dessa pesquisa, os grãos do feijoeiro,

em alguns casos, até incrementaram a produtividade, mesmo em condições de déficit hídrico moderado.

Na análise de desdobramento dos períodos de supressão hídrica na produtividade do feijoeiro dentro de cada tipo de osmoprotetores, Figura 6A, verifica-se que houve diferença entre os períodos apenas para o osmoprotetor T2 e que a maior produtividade alcançada foi estimada, segundo a equação de regressão, quando ocorre uma supressão da irrigação de 10,33 dias, ocasionando uma produtividade de 3.180,05 kg ha<sup>-1</sup>.

A máxima produtividade estimada nesta pesquisa foi 3.180,05 kg ha<sup>-1</sup>, estando acima da produtividade esperada para o nível 03 de tecnologia, que, de acordo com Vieira (2006), está entre 1800 e 2500 kg ha<sup>-1</sup>. Foi um pouco superior à produtividade média para feijão de terceira safra no Estado de Goiás, que, na safra de 2014/15, foi de 2.914 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2015).

De acordo com a equação de regressão, é possível observar que a menor produtividade do feijoeiro, de 2.252,42 kg ha<sup>-1</sup>, foi encontrada nos tratamentos que receberam 21 dias de supressão de irrigação, evidenciando a sensibilidade do feijoeiro a déficit hídrico. O feijão é considerado uma espécie com pouca tolerância a estresses hídricos, sendo que 60% do seu cultivo no planeta está submetido a este fator, tornando a seca o maior redutor da produtividade (AGUIAR et al., 2008; BEEBE et al., 2008).

Ao analisar o desdobramento dos tipos de osmoprotetores em cada período de supressão hídrica na produtividade do feijoeiro, Figura 6B, nota-se que a maior produtividade aos 14 dias de supressão está associada à aplicação do osmoprotetor T2 (EA/GB/KPM), podendo-se afirmar que, aos 14 dias de supressão de irrigação, o melhor osmoprotetor é o T2 (EA/GB/KPM).

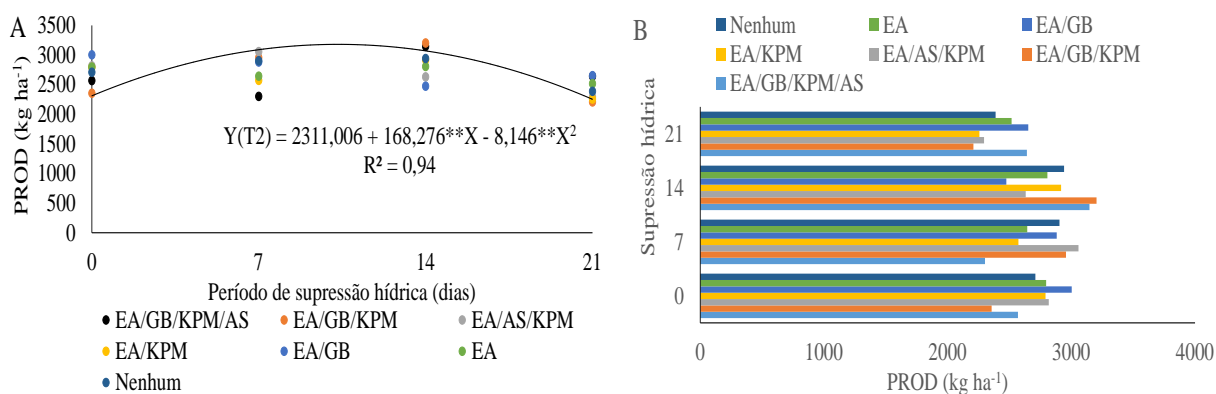


Figura 6. Desdobramento na produtividade do feijoeiro do período de supressão hídrica

dentro dos tipos de osmoprotetores (A) e dos tipos de osmoprotetores em cada período de supressão hídrica (B).

Sendo assim, esse produto se torna bastante promissor para ser utilizado de forma preventiva a estiagens de até 14 dias na cultura do feijoeiro, os chamados “veranicos”, comuns na região centro-oeste, mais especificamente na região Sudoeste do Estado de Goiás.

#### **1.4 CONCLUSÕES**

1. O uso de osmoprotetores à base de algas da espécie *Durvillaea potatorum* não afeta as características de crescimento e os componentes de rendimento de feijão em cultivo com ocorrência ou não de supressão hídrica.

2. Em condição de restrição hídrica, as plantas de feijão apresentaram menor massa seca de folhas e parte aérea, menor número de folhas e massa de 100 grãos.

3. A aplicação de osmoprotetores promove maiores índices de colheita, sendo o rendimento de grãos do feijoeiro influenciado pelo tipo de osmoprotetor e pelo período de supressão hídrica.

#### **1.5 AGRADECIMENTOS**

À Fapeg e ao IF Goiano, pelo financiamento da pesquisa e instalações para realização das análises.

#### **1.6 LITERATURA CITADA**

Aguiar, R. S. de; Cirino, V. M.; Faria, R. T.; Vidal, L. H. I. Avaliação de linhagens promissoras de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes ao déficit hídrico. Semina: Ciências Agrárias, v.29, p.1-14, 2008.

Beebe, S. E.; Idupulapati, R. A. O.; Matthew, W. B.; Butare, L. Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environments. Crop Science, Madison, v. 48, n. 2, p. 582-592, 2008.

Cargnelutti, A. F.; Ribeiro, N. D.; Storck, L.; Jost, E.; Poersch, N. L. Tamanho de amostra de caracteres de cultivares de feijão. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.3, p.635-642, mai-jun, 2008.

Carvalho, J. J.; Saad, J. C. C.; Cunha, F. N.; Silva, N. F.; Teixeira, M. B. Manejo da irrigação no feijoeiro, cultivado em semeadura direta e convencional. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.8, np.52-63, 2014.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento safra brasileira: Grãos, v. 2 - Safra 2014/15, n.10 - Décimo levantamento. Brasília, 113p. 2015.

Craig, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, v.23, p.371-393, 2011.

Ferreira, D. F. Sisvar 4.6. Sistema de análises estatísticas. Lavras: UFLA, 2003. 32 p.

Figuerêdo, S. F.; Pozzebon, E. J.; Frizzone, J. A.; Azevedo, J. A. de; Guerra, A. F.; Silva, E. M. da. Tensão de água no solo para maiores lucratividades do feijoeiro irrigado em ambiente de cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 6 p. (Comunicado técnico, 150).

Gomes, E. P.; Biscaro, A. G.; Ávila, M. R.; Loosli, F. S.; Vieira, C. V.; Barbosa, A. P. Desempenho agrônômico do feijoeiro comum de terceira safra sob irrigação na região Noroeste do Paraná. *Semina: Ciências Agrárias*, v.33, p.899-910, 2012.

Gonçalves, João Guilherme Ribeiro. Identificação de linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes à seca. Tese de Doutorado. Campinas, 82 fls. 2013.

Guiry, M. D. How many species of algae are there? *Journal of Phycology*, v. 48, p.1057-1063, 2012.

Keller, J.; Karmeli, D. Trickle irrigation design parameters. *Transactions of the ASAE*, v.17, p.678-684, 1974.

Merriam, J. L.; Keller, J. Farm irrigation system evaluation: a guide for management. Logan: Utah State University, 1978. 271p.

Mógor, A. F.; Ono, E. O.; Rodrigues, J. D.; Mógor, G. Aplicação foliar de extrato de alga, ácido l-glutâmico e cálcio em feijoeiro. *Scientia Agrária*, v.9, p. 431-437, 2008.

Nascimento, S. P. do; Bastos, E. A.; Araújo, E. C. E.; Freire Filho, F. R. F; Silva, E. M. da. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v.15, p.853-860, 2011.

Oliveira, L. A. A. Góes, G. B. de; Melo, I. G. C.; Costa, M. E.; Silva, R. M. Uso de extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. *Revista Verde*, v.6, p.1-4, 2011.

Oliveira, R.A. DE; Daros, E.; Zambon, J.L.C.; Weber, H., Ido, O.T.; Zuffellato-Ribas, K.C.; Koehler, H.S.; Silva, D.K.T. da. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no Estado do Paraná: Taxas de crescimento. *Scientia Agrária*, v.5, p.87-94, 2004.

Oliveira, R.B.; Lima, J.S.S.; Reis, E.F.; Pezzopane, J.E.M.; Silva, A. F. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., cv. capixaba precoce). *Engenharia na Agricultura, Viçosa*, v.16, n.3, p.343-350, 2008.

Santi, A. L.; Dutra, L. M. C.; Martins, T. N.; Bonadiman, R.; Bellé, G. L.; Flora, L. P. D.; Jauer, A. Adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro em plantio convencional. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.36, p.1079-1085, 2006.

Severino, L. S.; Cardoso, G. D.; Vale, L. S. do; Santos, J. W. dos. Método para determinação da área foliar da mamoneira. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras*, Campina Grande, v.8, p.753-762, 2004.

Sharma, H. S. S.; Fleming, C.; Selby, C.; Rao, J. R.; Martin, T. Plant bioestimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stress. *Journal of Applied Phycology*, v.26, p. 465-490, 2014.

Snyder, F. W.; Carlson, G. E. Selecting for partitioning of photosynthetic products in crops. *Advances in Agronomy*. v.37, p. 47-72, 1984.

Soratto, R. P.; Orivaldo, A. R. F.; Rodrigues, R. A. F.; Buzetti, S.; Silva, T. R. B. Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento do nitrogênio. *Acta Scientiarum: Agronomy*, v.25, p.89-96, 2003.

Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed Editora, 2004. 719p.

Van Genuchten, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, v.44, p.892-898, 1980.

Vieira, C. Adubação mineral e calagem. In: Vieira, C.; Paula junior, T. J.; Borém, A. *Feijão*. 2. ed. Viçosa: UFV, p. 115-142, 2006.

## CAPÍTULO II - EFICIÊNCIA DA APLICAÇÃO DE OSMOPROTETORES NAS CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DO FEJJOEIRO CULTIVADO SOB SUPRESSÃO DE IRRIGAÇÃO EM CAMPO

**Resumo:** Estudos apontam que o uso de osmoprotetores para o aumento da tolerância das plantas a estresses abióticos tem se mostrado eficiente para a manutenção da produtividade em condições de seca. Diante disso, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de osmoprotetores nos parâmetros fisiológicos de trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a* e teores de clorofila, em feijoeiro cultivado sob supressão de irrigação, em condições de campo. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, em parcelas subdivididas (4x7), quatro períodos de supressão (0, 7, 14, 21 dias), e, nas subparcelas, sete tipos de osmoprotetores. Após a aplicação dos osmoprotetores nas plantas de feijão, durante a fase de florescimento, e a supressão da irrigação, foram avaliadas as características fisiológicas de trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a* e teores de clorofila aos 0, 7, 14 e 21 dias. Os resultados obtidos evidenciam que o déficit hídrico reduziu a taxa fotossintética ( $A$ ), a taxa transpiratória ( $E$ ), a condutância estomática ( $g_s$ ), a relação entre a concentração interna e externa de  $CO_2$  ( $C_i/C_a$ ) e a eficiência instantânea do uso da água (EUA) no feijoeiro. As variáveis de rendimento quântico potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) e o coeficiente de dissipação não-fotoquímico (NPQ) não foram afetados pelo déficit hídrico. A aplicação dos osmoprotetores não afetou nenhuma das características fisiológicas nas plantas de feijão. De modo geral, os resultados obtidos indicam um declínio na eficiência fotossintética do feijoeiro cultivado sob supressão de irrigação, em condições de campo.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris* L., déficit hídrico, osmorreguladores, fotossíntese

**APPLICATION EFFICIENCY OF OSMOPROTECTORS ON  
PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DRY BEAN, GROWN UNDER  
IRRIGATION SUPPRESSION, IN FIELD CONDITIONS**

**Abstract:** Studies indicate that the use of osmoprotectors to increase the tolerance of plants to abiotic stress has been shown effective in maintaining productivity during dry conditions. The research objective was to evaluate the effects of applying osmoprotectors on the physiological parameters of gas exchange, fluorescence of chlorophyll *a* and chlorophyll content in beans cultivated under irrigation suppression, in field conditions. The experimental design was in randomized block and split-plot (4x7), four hydric suppression periods (0, 7, 14, 21 days) and the sub-plots seven osmoprotectors types. After applying the osmoprotectors on bean plants during the flowering stage, and irrigation deletion, the physiological characteristics of gas exchange, fluorescence of chlorophyll *a* and chlorophyll levels at 0, 7, 14 and 21 days were evaluated. The results show that the water deficit reduced the photosynthetic rate (*A*), transpiration rate (*E*), stomatal conductance (*g<sub>s</sub>*), relationship between the internal and external CO<sub>2</sub> concentration (*C<sub>i</sub>/C<sub>a</sub>*) and the instantaneous efficiency of water use (USA) in the bean. The variables of potential quantum yield of photosystem II (*F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>*) and the non-photochemical dissipation coefficient (NPQ) were not affected by water deficit. The application of osmoprotectors did not affect any of the physiological characteristics on bean plants. Overall, the results indicate a decline in photosynthetic efficiency of beans cultivated under irrigation suppression, in field conditions.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris* L., hydric deficit, osmorregulators, photosynthesis



## 2.1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) pode ser cultivado durante todo o ano, em quase todos os estados brasileiros, devido à sua ampla adaptação edafoclimática, pois não apresenta sensibilidade ao fotoperíodo, desde que não ocorram limitações de temperatura e umidade (ABRANTES et al., 2011). A instabilidade climática afeta a cultura do feijoeiro em quase todas as regiões produtoras do país, com períodos de excessos e de deficiência hídrica (TAGLIAFERRE et al., 2013).

O déficit hídrico é o fator de estresse abiótico mais limitante da agricultura, e muitos esforços têm sido empreendidos para melhorar a produtividade agrícola sob condições de seca (CATIVELLI et al., 2008), principalmente diante da perspectiva de aumento na incidência de seca, que pode afetar negativamente o crescimento e a sobrevivência das culturas, podendo comprometer a produção alimentos em várias regiões do mundo (CHAVES et al., 2009). Neste sentido, um método que pode minimizar os efeitos negativos do estresse e potencializar a tolerância das plantas à seca é o uso de osmoprotetores, que surgem como alternativa para a manutenção da produtividade da cultura (CATIVELLI et al., 2008; NINOUE et al., 2013).

A utilização de osmoprotetores pode favorecer o aumento na estabilidade da maquinaria fotossintética em função da ativação de mecanismos fisiológicos que possibilitem a plantas de feijão se ajustar rapidamente à condição de estresse (GONÇALVES, 2013). O déficit hídrico afeta vários processos fisiológicos, levando as plantas a responder com o fechamento dos estômatos, numa tentativa de poupar água para a manutenção do processo fotossintético (CAMPOS et al., 2014). Algumas destas respostas incluem o controle estomático, a redução na transpiração e condutância estomática e o aumento na eficiência instantânea do uso da água como estratégia para a manutenção do crescimento em condições de seca (KOOYERS, 2015).

O comportamento fisiológico da cultura do feijoeiro é extremamente afetado pela redução na disponibilidade de água no solo. Portanto, muitas destas características fisiológicas podem ser utilizadas para identificar as respostas das plantas ao déficit hídrico, permitindo estabelecer a necessidade de água mais adequada para a produção da cultura e investigar o potencial do uso dos osmoprotetores na cultura do feijoeiro como alternativa para mitigar o impacto da restrição hídrica nas plantas (GOMES et al., 2000; PAVANI et al., 2009).

As medidas de trocas gasosas são importantes para a obtenção de informações sobre as alterações provocadas pelo déficit hídrico no processo fotossintético (FRANÇOIS, 2012). Outro método vantajoso, rápido e não destrutivo para o estudo da fotossíntese e que permite o monitoramento do aproveitamento da energia luminosa através do fotossistema II é a fluorescência da clorofila *a*, cujos parâmetros são indicativos da capacidade fotossintética nas plantas (MAXWELL e JOHNSON, 2000; MELO et al., 2010).

A análise dos pigmentos fotossintéticos nas folhas também constitui uma importante ferramenta para detecção e quantificação dos efeitos do déficit hídrico na integridade da maquinaria fotossintética, pois a concentração de clorofilas está diretamente associada à capacidade fotossintética das plantas (JABEEN et al., 2008; SILVA et al., 2013).

Deste modo, objetivou-se, com essa pesquisa, avaliar os efeitos da aplicação de osmoprotetores nos parâmetros fisiológicos de trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a* e teores de clorofila em feijoeiro cultivado sob supressão de irrigação em condições de campo.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área alocada sobre Latossolo Vermelho distroférico, pertencente ao IF Goiano Câmpus Rio Verde, localizado em Rio Verde, GO, sob altitude de 750 m, cujas características químicas determinadas na profundidade de 0 a 20 cm estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas da camada de 0 a 20 cm do solo onde o experimento foi conduzido.

Características químicas	Valores
pH (CaCl <sub>2</sub> )	6,2
P	7,06 mg dm <sup>-3</sup>
K	204 mg dm <sup>-3</sup>
Ca	5,77 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
Mg	1,63 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
Al	Ausente
V (%)	42
M.O.	63,42 g kg <sup>-1</sup>

Na região de Rio Verde – GO, o clima é tipo Aw (Köppen-Geiger) - Tropical, com chuvas concentradas no verão (outubro a abril) e um período seco bem definido durante a estação de inverno (maio a setembro), com ocorrência do fenômeno “veranico” em plena estação chuvosa, geralmente nos meses de janeiro a março, normalmente com duração de cerca de 10 a 15 dias, podendo, eventualmente, prolongar-se por um tempo maior.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições, analisado em esquema de parcelas subdivididas 4 x 7. Nas parcelas, foram alocadas a condição de períodos de supressão de irrigação (0, 7, 14 e 21 dias) e, nas subparcelas, foi feita a aplicação dos osmoprotetores à base de extratos de algas marinhas (T1- EA/GB/KPM/AS; T2- EA/GB/KPM; T3-EA/AS/KPM; T4- EA/KPM; T5-EA/GB; T6- EA; T7- sem aplicação de osmoprotetores).

As unidades experimentais constaram de quatro linhas de feijão com 5 m de comprimento, sendo consideradas apenas as duas linhas centrais como área útil, e descartou-se 0,50 m em cada extremidade. As sementes de feijão da cultivar BRS Estilo foram semeadas manualmente, distribuindo-se 14 sementes por metro linear de sulco, em um espaçamento de 0,50 m entre linhas.

Um dia antes da semeadura do feijão, foram feitas uma gradagem com grade aradora e duas gradagens com grade niveladora. As sementes foram tratadas com uma dose de 60 gramas i.a. do fungicida carboxin, mais 60 gramas do i.a. de tiram, para 100 kg de sementes.

Foram utilizados 300 kg ha<sup>-1</sup> de adubo formulado 4-30-16 na semeadura e, na adubação de cobertura, 300 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, divididos em duas aplicações, aos 20 e 35 dias após a emergência (DAE). Visando ao controle de plantas daninhas, foram feitas capinas manuais até o fechamento do dossel da cultura.

Para controle de doenças, foram aplicadas as doses de 0,5; 0,6 e 0,8 L ha<sup>-1</sup> do fungicida Nativo<sup>®</sup> (trifloxistrobina + tebuconazol), nos estádios fenológicos R1, R3 e R5, respectivamente. Para controlar a mosca-branca (*Bemisia* spp.), percevejo verde (*Nezara viridula*), percevejo marrom (*Euchistus heros*) e vaquinha (*Diabrotica speciosa*), foi feita uma aplicação de inseticida metamidofós (Metamidofós Fersol<sup>®</sup>), na dose de 0,8 L ha<sup>-1</sup>, no estágio fenológico R6.

O sistema de irrigação usado no experimento foi o de gotejamento superficial, vazão nominal de 1,0 L h<sup>-1</sup> e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m.

A irrigação foi feita por sistema de gotejamento superficial, com emissores de  $1,0 \text{ L h}^{-1}$  e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. Esta irrigação foi conduzida com base em tensiometria digital, sendo as hastes tensiométricas instaladas nas profundidades de 0,10, 0,20 e 0,30 m, espaçadas de 0,20 m entre as hastes, com leitura do potencial matricial do solo registrada diariamente. A necessidade de irrigação foi determinada com tensão crítica de 50 KPa.

Os tratamentos à base de extratos de algas foram feitos com um pulverizador costal, equipado com cilindro de  $\text{CO}_2$ , a pressão constante de 2,5 bar, equipado com barra de aplicação com quatro pontas tipo leque modelo TT11002, aplicando-se o equivalente a  $150 \text{ L ha}^{-1}$  de calda, no estágio de floração plena do feijoeiro (estádio R6).

Os tratamentos de supressão de irrigação foram iniciados após três dias da aplicação dos osmoprotetores, tendo a irrigação sido suspensa em todos os tratamentos, exceto no T7. Após 7, 14 e 21 dias, foram restabelecidas as irrigações nos respectivos períodos de supressão, conforme a necessidade hídrica da cultura, até a maturação fisiológica.

As medições fisiológicas de trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a* e teor de clorofilas do feijoeiro foram feitas aos 7, 14 e 21 dias pós-tratamento, utilizando uma planta da área útil de cada unidade experimental, previamente identificada com uma fita sinalizadora. As trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a* e teor de clorofilas foram avaliadas sempre na mesma folha no horário entre 8:00 e 12:00, em campo.

### **Avaliação das trocas gasosas**

As medições de trocas gasosas foram feitas em folhas completamente expandidas situadas no terço superior das plantas de feijão. As variáveis taxa fotossintética ( $A$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), taxa de transpiração ( $E$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ,  $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), razão entre concentração interna e externa de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ) e eficiência instantânea do uso da água ( $EUA$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1}$ ) foram determinadas por um analisador de gases por infravermelho (IRGA; modelo portátil LCI, ADC BioScientific – Great Amwell – England), acoplado a uma fonte de luz artificial, incidindo uma densidade de fluxo de fótons igual a  $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . As medições foram feitas entre as 8:00 e 12:00, em campo.

### **Fluorescência da clorofila *a***

As medições de fluorescência da clorofila *a* foram feitas utilizando um fluorômetro portátil modulado (MINI-PAM modelo 2030-B, Walz, Effeltrich, Alemanha), equipado com uma pinça especial para suporte da folha. O rendimento quântico potencial do fotossistema II (VAN KOOTEN e SNEL, 1990) foi calculado após 30 minutos de adaptação da folha ao escuro por meio de pinças, como  $F_v/F_m = (F_m - F_o)/F_m$ , em que  $F_o$  é a fluorescência mínima, excitada por uma luz vermelha modulada de baixa intensidade ( $0,03 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), e  $F_m$  é a fluorescência máxima obtida pela aplicação de um pulso de 0,8 segundos de luz actínica saturante ( $>3000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). O rendimento quântico efetivo do fotossistema II (GENTY et al., 1989) foi determinado pela sobreposição de um pulso de saturação em folhas previamente adaptadas à luz ambiente, sendo calculado como  $\Delta F/F_m' = (F_m' - F)/F_m'$ , em que  $F$  é o rendimento de fluorescência antes do pulso de saturação e  $F_m'$ , a fluorescência máxima durante o pulso de saturação. O  $\Delta F/F_m'$  foi utilizado para estimar a taxa aparente de transporte de elétrons (ETR), de acordo com Bilger et al. (1995).  $\text{ETR} = \Delta F/F_m' \times \text{DFF} \times 0,5 \times 0,84$ , em que DFF é a densidade de fluxo de fótons ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) incidente sobre a folha, 0,5 é o valor correspondente à fração da energia de excitação distribuída para o fotossistema II (FSII) (LAISK e LORETO, 1996) e 0,84, o valor correspondente à fração de luz incidente absorvida pelas folhas (EHLERINGER, 1981). O coeficiente de extinção não fotoquímica foi calculado como  $\text{NPQ} = (F_m - F_m')/F_m'$  (BILGER & BJÖRKMAN, 1990).

### **Determinação do teor de clorofilas (Índice de Clorofila Falker - ICF)**

As medições não destrutivas do teor de clorofila foram feitas utilizando um clorofilômetro (medidor eletrônico portátil, da marca comercial ClorofiLOG<sup>®</sup>, modelo CFL 1030 - FALKER<sup>®</sup>, Porto Alegre, Brasil). As características avaliadas foram índice de clorofila *a* (Cl*a*), índice de clorofila *b* (Cl*b*) e índice de clorofila total (Cl*t*). As leituras foram feitas sempre em folhas completamente expandidas.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando detectada a significância dos efeitos de tratamentos, foram feitas a análise de comparações múltiplas pelo teste de Tukey para os dados qualitativos e a análise de regressão para os dados quantitativos, com 0,01 e 0,05 de significância, utilizando o software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2003).

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se, na análise de variância, Tabela 2, que a interação período de supressão x osmoprotetores não foi significativa para nenhuma das variáveis analisadas. Quando analisadas separadamente, as variáveis taxa fotossintética ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), taxa transpiratória ( $E$ ), razão entre concentração interna e externa de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ), eficiência instantânea do uso da água ( $EUA$ ) apresentaram diferenças significativas para períodos de supressão (PS).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para taxa fotossintética ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), razão entre concentração interna e externa de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ), eficiência instantânea do uso da água ( $EUA$ ) do feijoeiro submetido a diferentes períodos de supressão hídrica e osmoprotetores à base de extratos de algas marinhas

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		$A$	$g_s$	$E$	$C_i/C_a$	$EUA$
Período de Supressão (PS)	3	153,60**	0,0241*	55,10*	0,016*	0,86*
Bloco	2	407,22**	0,0698**	2,33 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>	7,79**
Resíduo (a)	6	12,90	0,0026	8,07	0,002	0,13
Osmoprotetores (O)	6	17,97 <sup>ns</sup>	0,0035 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>
Interação PS x O	18	5,38 <sup>ns</sup>	0,0008 <sup>ns</sup>	1,71 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	48	18,17	0,0024	1,33	0,002	0,22
CV (a)		31,54	35,15	37,23	6,98	24,55
CV (b)		37,43	33,57	15,13	6,83	31,08
Médias						
Período de Supressão						
0 dias		11,48	0,15	8,58	0,76	1,39
7 dias		14,21	0,18	8,23	0,76	1,82
14 dias		12,14	0,16	8,51	0,75	1,46
21 dias		7,73	0,10	5,21	0,70	1,42
Osmoprotetores						
EA/GB/KPM/AS		11,67	0,14	7,64	0,74	1,54
EA/GB/KPM		12,88	0,16	7,68	0,75	1,65
EA/AS/KPM		10,14	0,12	7,67	0,74	1,40
EA/KPM		12,19	0,15	7,51	0,74	1,60
EA/GB		12,37	0,15	7,37	0,72	1,66
EA		9,59	0,12	7,96	0,75	1,30
Nenhum		10,87	0,14	7,55	0,74	1,48

\*; \*\* significativo a 5 e 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação.

Para a variável taxa fotossintética ( $A$ ), Figura 1A, estimada pela equação de regressão, o melhor ajuste foi o quadrático, tendo o período de 7 dias de supressão

apresentado a maior taxa fotossintética ( $14,21 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), um incremento de 23,78% em relação à testemunha ( $11,48 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Aos 21 dias de supressão hídrica, foi encontrado o menor valor de  $A$  ( $7,73 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), com redução de 32,66% em relação aos tratamentos que não tiveram supressão hídrica.

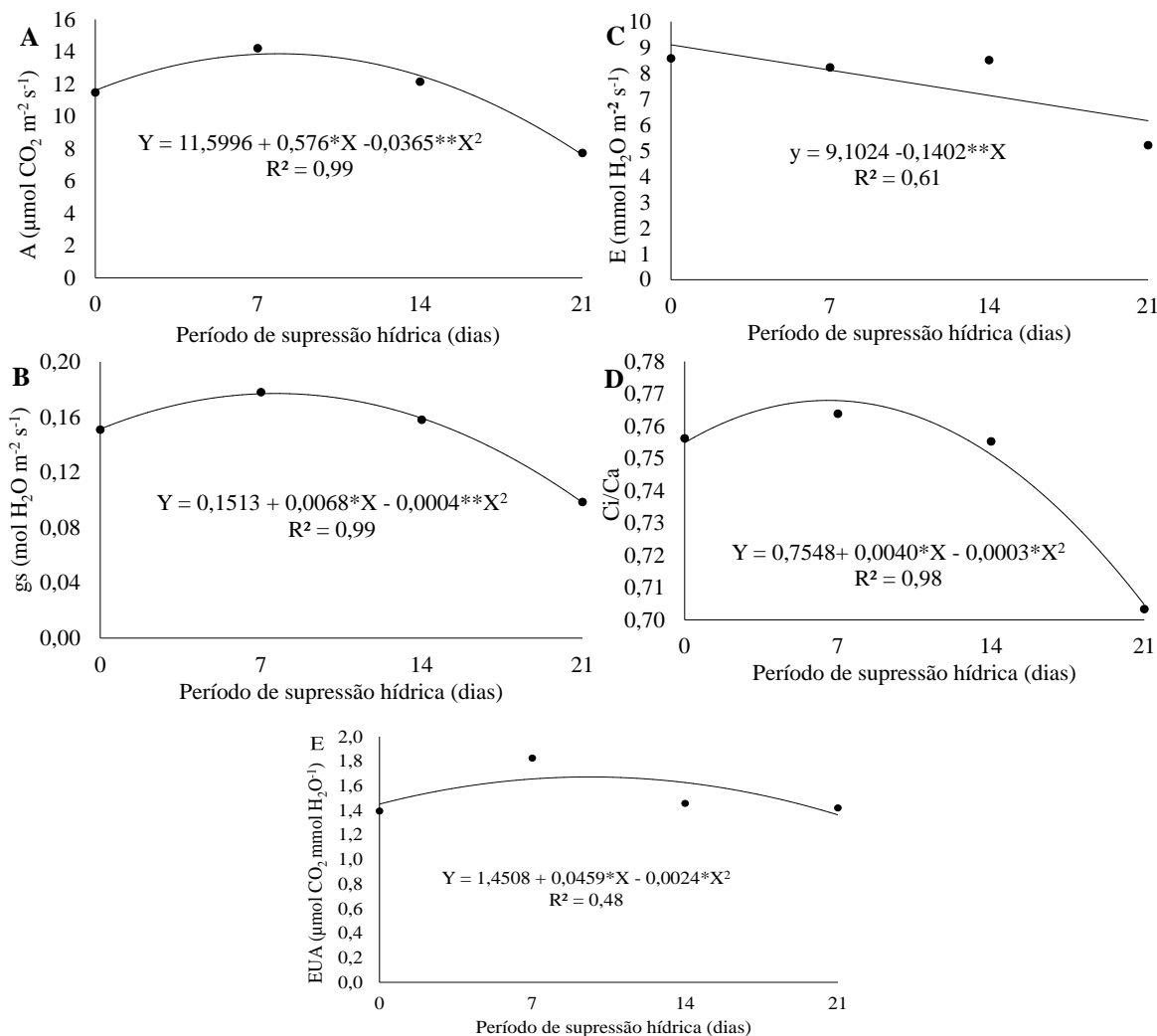


Figura 1. Taxa fotossintética ( $A$ ) (A), condutância estomática ( $g_s$ ) (B), taxa transpiratória ( $E$ ) (C), razão entre concentração interna e externa de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ) (D), eficiência instantânea do uso da água ( $EUA$ ) (E) do feijoeiro em função do período de supressão hídrica.

François (2012) avaliou as relações hídricas em plantas de feijão com manejo da irrigação em 100, 75, 50 e 25% da Evapotranspiração de Referência ( $ET_0$ ) e relatou redução linear de  $A$  quando as plantas foram irrigadas com 100% em comparação com a irrigação feita com 25% da  $ET_0$ , tendo os respectivos valores sido de 26,77 e  $5,9 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Estudos conduzidos por Dias e Brüggemann (2010) relatam redução de  $A$  em plantas de feijão submetidas a estresse severo 21 DAS, com umidade do substrato

equivalente a 30% da capacidade de vaso, tendo sido os valores de  $A$ , em média, 36,36% inferiores.

Ninou et al. (2013) observaram que a assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ) variou de 12,7 para  $6,8 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  em plantas de feijão irrigadas e cultivadas em campo, submetidas ao déficit hídrico, tendo sido as lâminas de irrigação utilizadas nessa pesquisa de 100 e 25% da evapotranspiração, respectivamente.

Uma menor  $A$  pode ser atribuída tanto a limitações estomáticas, através da diminuição do suprimento de  $\text{CO}_2$  no mesófilo e sítios de carboxilação, como a limitações não estomáticas, determinadas possivelmente pela inativação parcial da Rubisco bem como pela quantidade desta enzima (RIBEIRO e MACHADO, 2007).

A Figura 1B mostra o ajustamento quadrático para condutância estomática ( $g_s$ ) em função dos períodos de supressão hídrica, que apresentou taxa máxima no período de 7 dias de supressão de  $0,18 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . No período de 14 dias de supressão, o comportamento da condutância estomática foi praticamente similar ao tratamento que não sofreu supressão hídrica,  $0,15$  e  $0,16 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente. A partir dos 14 dias de supressão, houve ligeira queda da condutância estomática até o período de 21 dias de supressão hídrica ( $0,10 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), com redução de 33,33% em relação ao que não sofreu supressão.

Dias e Brüggemann (2010) relatam redução de  $g_s$  em plantas de feijão submetidas a estresse severo 21 DAS. Com umidade do substrato equivalente a 30% da capacidade do vaso, os valores de  $g_s$  foram em média 53,13% inferiores. Em pesquisa feita por Ninou et al. (2013) em plantas de feijão irrigadas e cultivadas em campo, submetidas ao déficit hídrico, os valores de  $g_s$  variaram de  $0,53$  a  $0,18 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , com lâminas de irrigação de 100 e 25% da evapotranspiração, respectivamente.

O controle estomático é uma importante propriedade fisiológica por meio da qual as plantas limitam a perda de água, ocasionando reduções na condutância estomática e, geralmente, reduzindo as trocas gasosas como forma de resposta das plantas a diversos fatores, incluindo o déficit hídrico (PAIVA et al., 2005).

No início do período de seca ou déficit hídrico, a  $g_s$  tende a decrescer mais rápido que  $A$  e, assim, a  $EUA$  tende a aumentar como um mecanismo para evitar a desidratação da planta (CHAVES et al., 2004). Para a taxa transpiratória ( $E$ ), Figura 1C, estimada segundo a equação de regressão, o modelo de melhor ajuste foi o linear, que apresentou um comportamento linear descendente. Ou seja, diminuiu com o aumento dos períodos de supressão hídrica ( $8,58 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) no tratamento que não sofreu



supressão hídrica, para  $(5,21 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$  aos 21 dias de supressão hídrica, representando um decréscimo de 39,28% em relação à testemunha.

À medida que a disponibilidade de água no solo diminui, a taxa transpiratória ( $E$ ) das plantas decresce como resultado do fechamento dos estômatos. Conseqüentemente, a disponibilidade de  $\text{CO}_2$  atinge níveis extremamente reduzidos, restringindo o influxo deste componente nas células do mesófilo e, assim, a planta utiliza do  $\text{CO}_2$  proveniente da respiração para manter um nível mínimo de taxa fotossintética (RAVEN et al., 2001).

Na Figura 1D, é possível observar que, para a razão entre concentração interna e externa de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ), a equação que melhor se ajustou foi a quadrática, cujos valores se equivalem entre o que não sofreu supressão e o período de supressão hídrica de 7 dias (0,76), decrescendo a partir dos 7 dias de supressão, tendo sido de (0,7), aos 21 dias, a razão entre concentração interna e externa de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ).

Na eficiência instantânea do uso da água ( $EUA$ ) apresentada na Figura 1E, é possível observar que, aos 7 dias de supressão, houve aumento da  $EUA$  (1,82) em relação ao que não teve supressão ( $1,39 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1}$ ). À medida que os estômatos se fecham durante os estádios iniciais do déficit hídrico, a eficiência do uso da água pode aumentar, uma vez que o fechamento estomático inibe mais a transpiração, a qual diminui as concentrações intercelulares de  $\text{CO}_2$  (TAIZ e ZEIGER, 2013). A partir dos 7 dias de supressão hídrica, a  $EUA$  foi diminuindo, chegando a  $1,42 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mmo H}_2\text{O}^{-1}$  aos 21 dias de supressão hídrica. À medida que o déficit se torna mais severo, a fotossíntese vai sendo inibida e, com isso, a  $EUA$  diminui.

A Tabela 3 apresenta o resumo da análise de variância para índice de clorofila total ( $Cl_t$ ), clorofila a ( $Cl_a$ ) e clorofila b ( $Cl_b$ ) do feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídrica e osmoprotetores à base de extratos de algas marinhas, não tendo sido encontradas diferenças significativas entre os fatores para as variáveis analisadas. A ausência de efeitos dos tratamentos no teor de clorofilas das folhas de feijão indica que não houve degradação das clorofilas.

A eficiência fotossintética das plantas está diretamente associada à presença das clorofilas nas folhas em decorrência, principalmente, do seu papel na captação da luz destinada à fotossíntese (CARVALHO et al., 2007). Os teores de clorofila são importantes indicadores do potencial fotossintético e da capacidade de adaptação das plantas aos ambientes de cultivo e também às condições de estresse (REGO e POSSAMAI, 2006; SILVA et al., 2013).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para índice de clorofila total (Cl<sub>t</sub>), clorofila *a* (Cl<sub>a</sub>) e clorofila *b* (Cl<sub>b</sub>) do feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídrica e osmoprotetores à base de extratos de algas marinhas

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Cl <sub>t</sub>	Cl <sub>a</sub>	Cl <sub>b</sub>
Período de Supressão (PS)	3	142,50 <sup>ns</sup>	176,73 <sup>ns</sup>	211,26 <sup>ns</sup>
Bloco	2	32257,33 <sup>ns</sup>	12455,39 <sup>ns</sup>	4910,44 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	6	7319,69	3176,55	886,66
Osmoprotetores (O)	6	4088,74 <sup>ns</sup>	2020,65 <sup>ns</sup>	371,53 <sup>ns</sup>
Interação PS x O	18	3813,42 <sup>ns</sup>	1705,17 <sup>ns</sup>	478,19 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	48	2905,38	1345,44	346,20
CV (a)		22,79	18,88	38,72
CV (b)		14,36	12,29	24,19
Médias				
Período de Supressão				
0 dias		376,76	297,38	79,38
7 dias		371,57	297,23	74,33
14 dias		376,90	302,90	74,00
21 dias		376,66	296,76	79,90
Osmoprotetores				
EA/GB/KPM/AS		351,66	281,41	70,25
EA/GB/KPM		374,16	298,66	75,50
EA/AS/KPM		389,58	307,08	82,50
EA/KPM		404,16	319,33	84,83
EA/GB		361,41	289,16	72,25
EA		384,83	304,91	79,91
Nenhum		362,50	289,41	73,08

\*; \*\* significativo a 5 e 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação. <sup>1</sup> Dados transformados em raiz de X. EA/GB/KPM/AS; EA/GB/KPM; EA/AS/KPM; EA/KPM; EA/GB; EA; Nenhum (Testemunha)

A Tabela 4 mostra o resumo da análise de variância para rendimento quântico potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ), rendimento quântico efetivo do fotossistema II ( $\Delta F/F_m'$ ), coeficiente de extinção não fotoquímica (NPQ) e taxa aparente de transporte de elétrons (ETR) do feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídricas e osmoprotetores à base de extratos de algas marinhas. A interação entre período de supressão e osmoprotetores não foi significativa para nenhuma das variáveis analisadas. Entretanto, quando analisadas separadamente, as variáveis rendimento quântico efetivo do fotossistema II ( $\Delta F/F_m'$ ) e taxa aparente de transporte de elétrons (ETR) apresentaram significância de  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ , respectivamente.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para rendimento quântico potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ), rendimento quântico efetivo do fotossistema II ( $\Delta F/F_m'$ ), coeficiente de extinção não fotoquímica (NPQ) e taxa aparente de transporte de elétrons (ETR) do feijoeiro, submetido a diferentes períodos de supressão hídrica e osmoprotetores à base de extratos de algas marinhas

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		$F_v/F_m$	$\Delta F/F_m'$	NPQ	ETR
Período de Supressão (PS)	3	0,011 <sup>ns</sup>	0,111 <sup>**</sup>	3,31 <sup>ns</sup>	13847,51 <sup>*</sup>
Bloco	2	0,119 <sup>ns</sup>	0,048 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	6026,43 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	6	0,030	0,010	1,32	2240,24
Osmoprotetores (O)	6	0,011 <sup>ns</sup>	0,014 <sup>ns</sup>	1,68 <sup>ns</sup>	2152,21 <sup>ns</sup>
Interação PS x O	18	0,006 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	1,44 <sup>ns</sup>	1000,63 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	48	0,009	0,009	1,14	1092,94
CV (a)		24,41	26,07	98,44	34,43
CV (b)		13,35	25,37	91,37	24,05
Médias					
Período de Supressão					
0 dias		0,70	0,437143	1,15	154,733810
7 dias		0,72	0,430952	0,76	156,461429
14 dias		0,68	0,388095	1,04	137,591429
21 dias		0,73	0,280000	1,71	101,145238
Osmoprotetores					
EA/GB/KPM/AS		0,74	0,41	0,87	148,97
EA/GB/KPM		0,71	0,38	1,14	135,48
EA/AS/KPM		0,72	0,40	0,92	147,33
EA/KPM		0,70	0,34	1,30	124,27
EA/GB		0,74	0,42	0,92	150,72
EA		0,65	0,32	1,94	115,43
Nenhum		0,70	0,39	1,05	140,15

\*; \*\* significativo a 5 e 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação. <sup>1</sup> Dados transformados em raiz de X. EA/GB/KPM/AS; EA/GB/KPM; EA/AS/KPM; EA/KPM; EA/GB; EA; Nenhum (Testemunha)

Os valores de  $F_v/F_m$  obtidos nesta pesquisa se mantiveram abaixo da faixa de 0,75 a 0,85, considerada normal para a maioria das espécies em condições não estressantes (BJÖRKMAN E DEMMING, 1987; RONQUIM et al., 2009). No entanto, como não houve diferença significativa entre as plantas de feijoeiro irrigadas e as submetidas ao déficit hídrico, os baixos valores da razão  $F_v/F_m$ , neste caso, podem estar associados a características específicas da espécie.

Vale ressaltar ainda que o valor médio de 0,70 de  $F_v/F_m$  indica que 70% da energia captada foi direcionada para a fotossíntese (BJÖRKMAN E DEMMING, 1987; GENTY et al., 1989; BILGER et al., 1995; RONQUIM et al., 2009).

Na Figura 2, o rendimento quântico efetivo do fotossistema II ( $\Delta F/F_m'$ ) (A) e a taxa aparente de transporte de elétrons (ETR) (B) do feijoeiro, em função do período de supressão hídrica, foram estimados pela equação de regressão, cujo modelo de melhor

ajuste foi o linear. Na Figura 2A, o  $\Delta F/F_m'$  das plantas que não sofreram supressão hídrica era de (0,4371) e aos 21 dias de supressão decresceu para (0,2100), evidenciando o efeito negativo do déficit hídrico nas plantas de feijão. O parâmetro  $\Delta F/F_m'$  é o indicador mais sensível do estado fisiológico da planta, e reduções nos valores desta característica evidenciam limitações na etapa fotoquímica da fotossíntese (CHAVES et al., 2009).

No tratamento que não recebeu supressão hídrica, o valor de ETR, Figura 2B, foi de 154,73  $\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , contudo, aos 21 dias de supressão hídrica, os valores de ETR diminuíram consideravelmente para 101,14  $\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Os resultados obtidos para as variáveis de  $\Delta F/F_m'$  e ETR indicam redução na eficiência fotoquímica das plantas de feijão expostas ao déficit hídrico. Nestas condições, geralmente o declínio da atividade fotoquímica está associado à redução na condutância estomática ocasionada pelo fechamento parcial dos estômatos, que restringe a entrada de  $\text{CO}_2$  no mesófilo (DIAS e BRÜGGEMANN, 2010; CAMPOS et al., 2014).

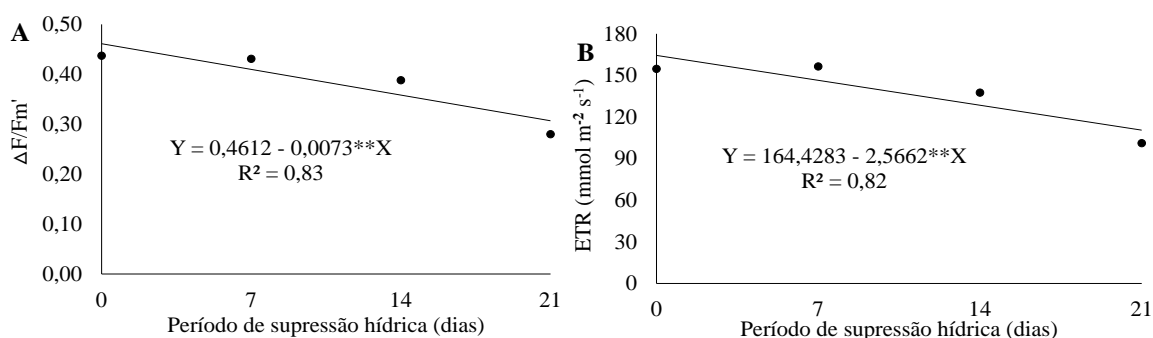


Figura 2. Rendimento quântico efetivo do fotossistema II ( $\Delta F/F_m'$ ) (A), taxa aparente de transporte de elétrons (ETR) (B) do feijoeiro em função do período de supressão hídrica.

## 2.4 CONCLUSÕES

A aplicação dos osmoprotetores não alterou as características fisiológicas de trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a* e teores de clorofila do feijoeiro cultivado sob supressão de irrigação.

O déficit hídrico promoveu declínio na eficiência fotossintética das plantas de feijão.

## 2.5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás-Fapeg, pelo auxílio financeira, e à bolsa de Iniciação concedida para o desenvolvimento da pesquisa. Ao IF Goiano, pelas instalações para realização das análises. A Giovani Saccardo Clemente, em nome da empresa Tecno Nutrição Vegetal e Biotecnologia Ltda, por ter contribuído com a doação dos osmoprotetores.

## 2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, F. A.; SÁ, M. E.; SOUZA, L. C. D.; SILVA, M. P.; SIMIDU, H. M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; VALÉRIO FILHO, W. V.; ARRUDA, N. Uso do regulador de crescimento em cultivares de feijão de inverno. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 21, p. 148-154, 2011.

BEGG, J. E., TURNER, N. C. Crop water deficits. **Adv. Agron.** 28, 161–217. 1976.

BILGER, W.; BJÖRKMAN, O. Role of xanthophyll cycle in photoprotection elucidated by measurements of light induced absorbance changes, fluorescence and photosynthesis in leaves of *Hedera canariensis*. **Photosynthesis Research**, v.25, p.173-185, 1990.

BILGER, W.; SCHREIBER, U. & BOCK, M. Determination of the quantum efficiency of photosystem II and non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence in the field. **Oecologia**, v.102, p.425-432, 1995.

BJÖRKMAN, O.; DEMMING, B. Photon yield of O<sub>2</sub> evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, v.170, p.489-504, 1987.

CAMPOS, H.; TREJO, C.; PENÃ-VALDIVIA, C. B.; GARCÍA-NAVA, R.; CONDE-MARTÍNEZ, F. V.; CRUZ-ORTEGA, M. R. Stomatal and non-stomatal limitations of

bell pepper (*Capsicum annuum* L.) plants under water stress and re-watering: Delayed restoration of photosynthesis during recovery. **Environmental and Experimental Botany**, v.98, p.56-64, 2014.

CARVALHO, A.P.F; BUSTAMANTE, M.; MALESSANDRA R.; KOZOVITS, G.P.A. Variações sazonais nas concentrações de pigmentos e nutrientes em folhas de espécies de cerrado com diferentes estratégias fenológicas. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 30, n.1, p.19-27, 2007.

CATTIVELLI, L.; RIZZA, F.; BADECK, F.W.; MAZZUCOTELLI, E., MASTRANGELO, A.M.; FRANZIA, E.; MARE, C. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. **Field Crops Research**, v.105, p.1-14, 2008.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant cell. **Annals of Botany**, v.103, p.551-560, 2009.

CHAVES, M. M.; OLIVEIRA, M. M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. **Journal of Experimental Botany**, v.55, p.2365-2384, 2004.

DIAS, M. C.; BRÜGGEMANN, W. Limitations of photosynthesis in *Phaseolus vulgaris* under drought stress: gas Exchange, chlorophyll fluorescence and Calvin cycle enzymes. **Photosynthetica**, Berlin, v. 48, n. 1 p. 96-102, 2010.

EHLERINGER, J. Leaf absorptances of Mohave and Sonoran desert plants. **Oecologia**, v.102, p.366-370, 1981.

FERREIRA, D. F. SISVAR 4.6. **Sistema de análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2003. 32 p.

FRANÇOIS, T. Relações hídricas e trocas gasosas em plantas de feijão submetidas à irrigação deficitária. 2012. 115p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

GENTY, B.; BRIANTAIS, J.M.; BAKER, N.R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.990, p.87-92, 1989.

GOMES, A. A.; ARAÚJO, A. P.; ROSSIELLO, R. O. P.; PIMENTEL, C. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.1927-1937, out. 2000.

GONÇALVES, K.S. Aplicação de reguladores vegetais e de fosfito de potássio em mudas de eucalipto submetidas à deficiência hídrica. 2013. 66p. **Tese** (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013.

JABEEN, F.; SHAHBAZ, M.; ASHRAF, M. Discriminating some prospective cultivars of maize (*Zea mays* L.) for drought tolerance using gas exchange characteristics and proline contents as physiological markers. **Pakistan Journal of Botany**, v. 40, n. 6, p. 2329-2343, 2008.

KOOYERS, N. J. The evolution of drought escape and avoidance in natural herbaceous populations. **Plant Science**, v. 234, p.155-162, 2015.

LAISK, A.; LORETO, F. Determining photosynthetic parameters from leaf CO<sub>2</sub> exchange and chlorophyll fluorescence. **Plant Physiology**, v.110, p.903-912, 1996.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G.N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v.51, n.345, p.659-668, 2000.

MELO, A.S. de; SUASSUNA, J.F.; FERNANDES, P.D.; BRITO, M.E.B.; SUASSUNA, A.F.; AGUIAR NETTO, A.O. Crescimento vegetativo, resistência

estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.32, n.1, p.73-79, 2010.

NINO, E. TSIALTAS, J. T.; DORCAS, C.A.; PAPAPOSTA, D. K. Effect of irrigation on the relationships between leaf gas Exchange related traits and yield in dwarf dry bean grown under mediterranean conditions. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 116, n. 1, p. 1-7, 2013.

PAIVA, A. S. et al. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.

PAVANI, L. C.; LOPES, A. S.; PEREIRA, G. T. Desenvolvimento da cultura do feijoeiro submetida a dois sistemas de manejo de irrigação e de cultivo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 453-459, 2009.

RAVEN, P. H., et al. **Biologia Vegetal**. Ed. Guanabara Koogan S. A., Rio de Janeiro, 2001, 906p.

REGO, Gizelda Maia; POSSAMAI, Edilberto. Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do Jequitibá-rosa. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Embrapa Florestas, n. 53, p. 179-194, 2006.

RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C. Some aspects of citrus ecophysiology in subtropical climates re-visiting photosynthesis under natural conditions. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina, v. 19, n. 4 p. 393-411, 2007.

RONQUIM, C.C.; PRADO, C.H.B.A.; SOUZA, J.P. Growth, photosynthesis and leaf water potential in young plants of *Capaifera langsdorffii* Desf. (Caesalpiniaceae) under contrasting irradiances. **Brazilian Society of Plant physiology**, v.21, n.3, p.197-208, 2009.



SILVA, M.A.; SANTOS, C.M. dos; VITORINO, H.S.; RHEIN, A.F.L. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v.30, n.1, p. 173-181, 2014.

TAGLIAFERRE, C.; SANTOS, T.J.; SANTOS, L.C.; SANTOS NETO, I.J.; ROCHA, F.A.; PAULA, A. de. Características agrônômicas do feijão caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. **Revista Ceres**, v.60, n.2, p.242-248, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: ARTMED, 2013. 848p.

VAN KOOTEN, O.; SNEL, J.F.H. The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. **Photosynthesis Research**, v.25, p.147-150, 1990.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura do feijoeiro tem uma grande importância socioeconômica devido a sua participação na dieta dos brasileiros. Contudo, a restrição hídrica tem se mostrado um dos principais estresses ambientais limitantes da produtividade na agricultura, principalmente no cultivo do feijão.

A busca por métodos alternativos para minimizar o impacto negativo do déficit hídrico na produtividade do feijoeiro torna-se fundamental. Diante disso, os osmoprotetores surgem como um importante aliado dos agricultores, sobretudo em regiões susceptíveis ao déficit hídrico.

Os resultados obtidos neste trabalho, contribuem para novas perspectivas de estudos com emprego de osmoprotetores a base de extrato de algas marinhas do gênero *Durvillaea potatorum*, principalmente quanto ao desempenho agrônomo, como por exemplo, sobrevivência efetiva de plantas, tolerância ao acamamento, reação a insetos e doenças, acúmulo de matéria seca na planta, rendimento de grãos, acúmulo de carboidratos nos grãos e proteínas nos grãos em diferentes doses de osmoprotetores e diferentes tipos de solos e condições edafoclimáticas.