

AVALIAÇÃO DE OSMOPROTECTORES NAS TAXAS FOTOSSINTÉTICAS E PIGMENTOS CLOROPLASTÍDICOS EM FEIJOEIRO SUBMETIDO À SUPRESSÃO HÍDRICA¹

F. J. de C. Bastos², F. A. L. Soares³, C. J. Tavares⁴, L. M. de F. Moura⁵, C. T. S. Costa⁶, L.S. Pereira⁷

RESUMO: A limitação hídrica tem sido considerada um dos principais estresses abióticos a reduzir a produção de fotoassimilados e comprometer a produtividade das plantas cultivadas. Assim sendo, o trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de seis osmoprotetores nas taxas fotossintéticas e nos teores de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofilas totais em plantas de feijão cultivadas sob supressão hídrica. O trabalho foi desenvolvido na área experimental do IFGoiano, Campus Rio Verde – GO. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados em parcelas subdivididas (4x7), sendo quatro períodos de supressão hídrica (0, 7, 14, 21 dias) nas parcelas e seis diferentes osmoprotetores, com um bloco sem aplicação, nas subparcelas. Os dados de taxa fotossintética e teor de pigmentos cloroplastídicos foram analisados por ANOVA fatorial, a 5 % de probabilidade. O tratamento com supressão hídrica, sem a aplicação de osmoprotetor, reduziu, em média 33% a taxa fotossintética aos 21 dias após imposição do tratamento, em relação ao controle irrigado. Os pigmentos cloroplastídicos não foram afetados pela limitação hídrica. A aplicação dos diferentes osmoprotetores não foram eficientes na mitigação da redução fotossintética em plantas de feijão, durante o período experimental avaliado.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris* L., déficit hídrico, clorofilas.

EVALUATION OF OSMOPROTECTANTS IN PHOTOSYNTHETIC RATES AND CHLOROPLASTIC PIGMENTS IN BEANS SUBMITTED TO WATER SUPPRESSION

¹ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias-Agronomia/IF Goiano – Campus Rio Verde.

² Mestre, Engenheiro Agrônomo, Rio Verde – Goiás. Email: fabianojcbastos@gmail.com

³ Doutor, Professor do IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – Goiás. Email: fredalsoles@hotmail.com

⁴ Mestre, Professor do IF Goiano – Campus Posse, Posse – Goiás. Email: cassiojardimtavares@hotmail.com

⁵ Doutoranda, IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – Goiás. Email: lucianaminervina@gmail.com

⁶ Doutor, Pesquisador Científico PNPd/IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – Goiás. Email: ctsc2007@hotmail.com

⁷ Graduando em Agronomia, IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – Goiás. Email: leandrop629@gmail.com

ABSTRACT: Water limitation has been considered one of the main abiotic stresses that reduces the photoassimilates production and compromises the crops productivity. The objective of this work was to evaluate the effect of six osmoprotectants on the photosynthetic rates and chlorophyll *a*, chlorophyll *b* and total chlorophyll concentrations in bean plants grown under water suppression. The work was carried out in the experimental area of the Goiano Federal Institute, Campus Rio Verde - GO. The experimental design was a randomized block in factorial scheme (4x7), four water suppression periods (0, 7, 14, 21 days) in the plots and six different osmoprotectors based on seaweed extracts, with one block without application, in the subplots. The photosynthetic rate and the concentration of chloroplastidic pigments were analyzed by factorial ANOVA, at 5% probability. The treatment with water suppression, without the application of osmoprotectant, reduced the photosynthetic rate by 33% after 21 days of deficit hydric. The chloroplastidic pigments were not affected by the water stress. The application of different osmoprotectants were not efficient to mitigate the photosynthetic reduction in bean plants.

KEYWORDS: *Phaseolus vulgaris* L., water deficit, chlorophylls.

INTRODUÇÃO

O cultivo de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) ocorre durante todo o ano e em quase todas as regiões brasileiras, podendo ser limitado pela temperatura e disponibilidade hídrica (Abrantes et al., 2011). O excesso ou escassez de água provoca quedas drásticas na produtividade de feijão em várias regiões produtoras do país, gerando oscilações na oferta do produto no mercado (Tagliaferre et al., 2013).

A deficiência hídrica é um dos principais estresses abióticos a reduzir a produção de fotoassimilados e comprometer a produtividade das plantas cultivadas em decorrência de danos no metabolismo fotossintético (Bastos et al., 2012). Devido sua exigência hídrica, as variações na disponibilidade de água modificam o comportamento fisiológico da planta, agravando a severidade dos efeitos do déficit hídrico sob o rendimento do feijão nas fases críticas da cultura (Saboya et al., 2013). Neste contexto, a aplicação de osmoprotetores constitui uma alternativa para atenuar o estresse mediando reações de defesa e induzindo maior tolerância à seca na planta (Bettini, 2015), e mantendo a produtividade do feijão em áreas sujeitas a deficiência hídrica (Abrantes et al., 2011).

Os osmoprotetores atuam na ativação de mecanismos fisiológicos que possibilita um rápido ajuste da planta a condição de estresse, ampliando a estabilidade da maquinaria fotossintética (Gonçalves, 2013). No entanto, pouco se sabe sobre o efeito do uso de osmoprotetores nas respostas fisiológicas do feijão sob condição de déficit hídrico. Neste caso, o uso de variáveis relacionadas as folhas, como as trocas gasosas e o teor de clorofila, constituem importantes medidas indicadoras do comportamento da planta, sendo muito utilizadas em estudos fisiológicos (Bastos et al., 2012).

A medida de trocas gasosas constitui um método vantajoso, rápido e não destrutivo para a obtenção de informações sobre as alterações no processo fotossintético em diferentes condições ambientais (Francois, 2012; Fernandes et al., 2015; Souza et al., 2016). Outra ferramenta não destrutiva para detecção e quantificação dos efeitos do estresse na integridade da maquinaria fotossintética é a determinação do teor de clorofila nas folhas. As trocas gasosas e o teor de clorofilas são bons indicadores fisiológicos da eficiência fotossintética das plantas e produtividade agrícola (Torres Netto et al., 2005; Bastos et al., 2012; Silva et al., 2014).

Deste modo, objetivou-se neste estudo, avaliar o efeito de seis osmoprotetores nas taxas fotossintéticas e nos teores de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofilas totais em plantas de feijão cultivadas sob supressão hídrica.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo em uma área pertencente ao Campus Rio Verde do Instituto Federal Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil, com altitude 750 m. O clima da região é tipo Aw (Köppen-Geiger) - Tropical, com uma estação chuvosa (outubro a abril) e uma estação seca, que coincide com o período de inverno (maio a setembro). Os dados climáticos referentes ao período experimental estão representados na Figura 1.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), de textura média (Embrapa, 2013), com as seguintes características físico-químicas na profundidade de 0,00 a 0,20 m: pH (CaCl₂) de 6,2; P de 7,06 mg dm⁻³; K de 204 mg dm⁻³; Ca de 5,77 cmol_c dm⁻³; Mg de 1,63 cmol_c dm⁻³; Al de 0,0 cmol_c dm⁻³; V% de 42 e M.O. de 63,42 g kg⁻¹. Na adubação de semeadura foram utilizados 300 kg ha⁻¹ de adubo formulado 4-30-16 (NPK) e na adubação de cobertura 300 kg ha⁻¹ de ureia dividida em duas aplicações, aos 20 e 35 dias após a emergência (DAE). Os tratos culturais para o controle de plantas daninhas, doenças e insetos foram realizados sempre que necessário e de acordo com o recomendado para a cultura do feijão.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, arranjado em esquema de parcelas subdivididas, com quatro parcelas e 7 subparcelas, e três repetições. Nas parcelas foram alocados os períodos de supressão de irrigação (7, 14 e 21 dias e o controle - 100% da capacidade de campo durante todo o ciclo da cultura) e nas subparcelas foi realizada 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 – Controle/Sem aplicação de osmoprotetores). As unidades experimentais consistiram em quatro linhas de feijão de 5 m de comprimento, sendo consideradas para as avaliações apenas as duas linhas centrais, desprezando 0,50 m nas extremidades.

A sementes de feijão, cultivar BRS Estilo, foram semeadas manualmente, distribuindo-se 14 sementes por metro linear de sulco de plantio, com espaçamento de 0,50 m entre linhas.

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento superficial, com vazão nominal de 1,0 L h⁻¹ e espaçamento de 0,20m entre gotejadores. A irrigação foi conduzida com base em tensiometria digital de punção, com sensibilidade de 0,1 kPa, instalados nas profundidades de 0,10; 0,20 e 0,30 m e distância de 0,10 m do tubo gotejador, com leitura diária do potencial matricial do solo (Ψ_m). A necessidade de irrigação foi baseada na tensão crítica de 50 kPa. As características físico-hídricas do solo foram determinadas pela curva de retenção de água no solo (Genuchten, 1980).

No estágio de floração plena do feijoeiro (R6) foram aplicados os tratamentos à base de extratos de algas utilizando um pulverizador costal equipado com cilindro de CO₂ com pressão constante de 2,5 bar e barra de aplicação com quatro pontas tipo leque (modelo TT11002), sendo aplicado o equivalente a 150 L ha⁻¹ de calda. Os tratamentos de supressão de irrigação se iniciaram após três dias da aplicação dos osmoprotetores, com a irrigação sendo suspensa em todos os tratamentos, exceto no controle (T7). Após 7, 14 e 21 dias a irrigação foi restabelecida nos respectivos períodos de supressão, sendo mantida até a maturação fisiológica da cultura.

As variáveis fisiológicas foram obtidas aos 7, 14 e 21 dias de supressão da irrigação, a partir da avaliação foliar de uma planta de feijão previamente marcada na área útil de cada unidade experimental. As medições não destrutivas de trocas gasosas e do teor de clorofila foram realizadas sempre na mesma folha e no horário entre 8:00 e 12:30 a.m., em campo.

As medições de trocas gasosas foram realizadas em folhas completamente expandidas situadas no terço superior das plantas de feijão. Para estimar a taxa fotossintética (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) foi utilizado um analisador de gás 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 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. O teor de clorofila foi mensurado por

meio de um clorofilômetro (ClorofiLOG[®], modelo CFL 1030 - FALKER[®], Porto Alegre, Brasil) para estimar os índices de clorofila *a* (Cl *a*), clorofila *b* (Cl *b*) e clorofila total (Cl *t*).

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância pelo teste F ($p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$), e em caso de significância, foi realizada a análise de regressão e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) utilizando o programa Sistema de Análise de Variância – SISVAR (Ferreira, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o observado na Tabela 1, a interação período de supressão x osmoprotetores não foi significativa para nenhuma das variáveis analisadas. Apenas a taxa fotossintética (*A*, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) quando analisada separadamente apresentou diferença significativa para os períodos de supressão de irrigação (PS).

A variável *A* (Figura 2) apresentou efeito quadrático, tendo o período de 7 dias de supressão apresentado a maior taxa fotossintética, um incremento de 23,78% em relação ao controle. Aos 21 dias de supressão hídrica foi encontrado o menor valor de *A*, com redução de 32,66% em relação aos tratamentos que não tiveram supressão hídrica. Neste estudo, a redução da *A* pode ser atribuída a limitações estomáticas, indicando uma queda na atividade fotossintética do feijão. Geralmente, sob condição de déficit hídrico, a taxa fotossintética diminui devido ao fechamento estomático, que inibe o influxo de CO_2 para a cavidade subestomática e, conseqüentemente, limita a atividade da RUBISCO (Campos et al., 2014; Souza et al., 2016). Com a diminuição da disponibilidade de água no solo nota-se reduções mais acentuadas nas taxas fotossintéticas das plantas de feijão (François, 2012; Fernandes et al., 2015).

A ausência de efeitos dos tratamentos no teor de clorofilas *a*, *b* e total indicam que não houve degradação das clorofilas nas folhas de plantas de feijão (Tabela 1). 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 (Bastos et al., 2012). Os pigmentos são importantes indicadores do potencial fotossintético e da capacidade de adaptação das plantas aos ambientes de cultivo e também às condições de estresse (Torres Netto et al., 2005).

A manutenção de elevados conteúdos de pigmentos evidencia uma melhor capacidade da planta de tolerar a condição de déficit hídrico (O'Neill et al., 2006; Silva et al., 2014). Neste

estudo, a ausência de degradação nos teores de clorofilas do feijoeiro sugere a presença de um mecanismo de defesa das plantas contra a seca.

CONCLUSÕES

A aplicação dos osmoprotetores não alterou as trocas gasosas e teores de clorofila do feijoeiro cultivado sob supressão de irrigação.

As plantas de feijão-comum cultivar BRS Estilo apresentaram um declínio na eficiência fotossintética sob condições de deficiência hídrica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTI), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde (IFGoiano) pelo apoio financeiro nesta pesquisa.

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*, v.42, n.21, p.148-154, 2011.

BASTOS, E.A; RAMOS, H.M.M.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; NASCIMENTO, F.N.; CARDOSO, M.J. Parâmetros fisiológicos e produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob déficit hídrico. *Water Resources and Irrigation Management*, v.1, n.1, p.31-37, 2012.

BETTINI, M.O. Aplicação de extratos de algas marinhas em cafeeiro sob deficiência hídrica e estresse salino. Botucatu, 2015. 171p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP.

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.

EMBRAPA SOLOS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

FERNANDES, F.B.P.; LACERDA, C.F. de; ANDRADE, E.M. de; NEVES, A.L.R.; SOUZA, C.H.C. de. Efeitos de manejos do solo no déficit hídrico, trocas gasosas e rendimento do feijão-de-corda no semiárido. *Revista Ciência Agronômica*, v.46, n.3, p.506-515, 2015.

FERREIRA, D. F. SISVAR – Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

FRANÇOIS, T. Relações hídricas e trocas gasosas em plantas de feijão submetidas à irrigação deficitária. Santa Maria, 2012. 115p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Rurais, UFSM.

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

O’NELL, P.M.; SHANAHAN, J.F.; SCHEPERS, J.S. Use chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. *Crop Science*, v.46, n.2, p.681-687, 2006.

SABOYA, R.C.C.; BORGES, P.R.S.; SABOYA, L.M.F.; MONTEIRO, F.P.R.; SOUZA, S.E.A.; SANTOS, A.F.; SANTOS, E.R. Response of cowpea to inoculation with nitrogen-fixing strains in Gurupi-TO. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v.4, n.1, p.40-48, 2013.

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.

SOUZA, T.M.A.de; SOUZA, T.A.; SOLTO, L.S.; SILVA SÁ, F.V.da; PAIVA, E.P.de; BRITO, M.E.B.; MESQUITA, E.F.de. Crescimento e trocas gasosas do feijão caupi cv. BRS Pujante sob níveis de água disponível no solo e cobertura morta. *Irriga*, v.21, n.4, p.796-805, 2016.

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

TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J.G.; SMITH, R.E.B. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll *a* fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulturae*, v.104, p.199-209, 2005.

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.

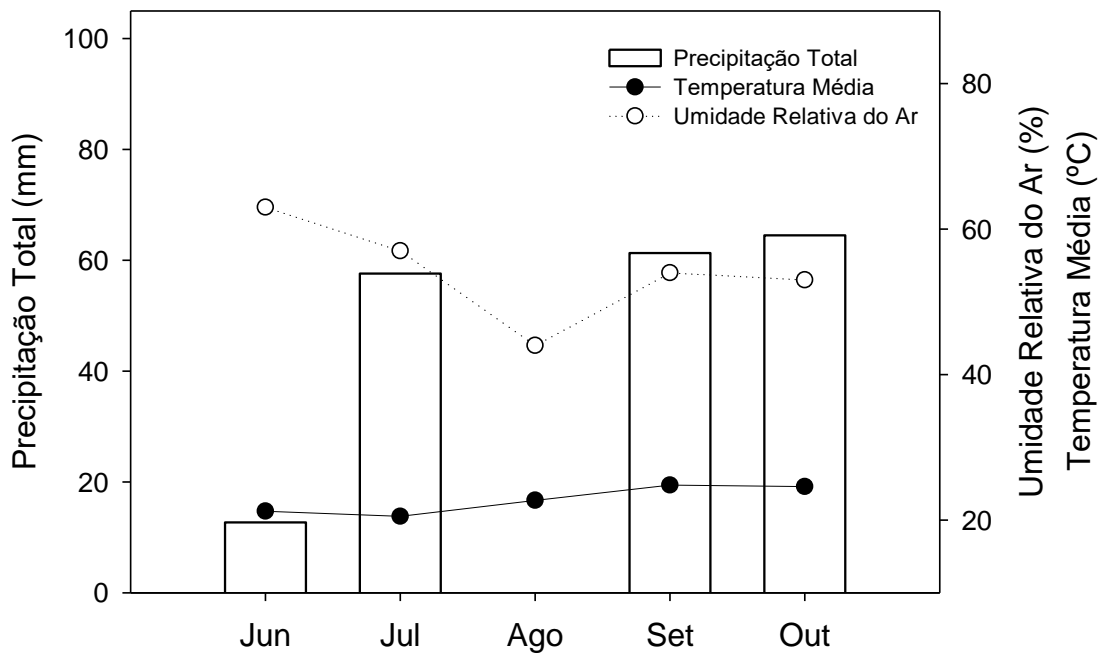


Figura 1. Precipitação Total, Umidade Relativa do Ar e Temperatura Média durante a condução do experimento. Fonte: UNIRV, 2014.

Tabela 1. Resumo da análise de variância da taxa fotossintética (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e dos teores de clorofila a ($Cl a$), clorofila b ($Cl b$) e clorofila total ($Cl t$) 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	$Cl a$	$Cl b$	$Cl t$
Período de Supressão (PS)	3	153,60**	176,73 ^{ns}	211,26 ^{ns}	142,50 ^{ns}
Bloco	2	407,22**	12455,39 ^{ns}	4910,44 ^{ns}	32257,33 ^{ns}
Resíduo (a)	6	12,90	3176,55	886,66	7319,69
Osmoprotetores (O)	6	17,97 ^{ns}	2020,65 ^{ns}	371,53 ^{ns}	4088,74 ^{ns}
Interação PS x O	18	5,38 ^{ns}	1705,17 ^{ns}	478,19 ^{ns}	3813,42 ^{ns}
Resíduo (b)	48	18,17	1345,44	346,20	2905,38
CV (a)		31,54	18,88	38,72	22,79
CV (b)		37,43	12,29	24,19	14,36
Médias					
Período de Supressão					
0 dias		11,48	297,38	79,38	376,76
7 dias		14,21	297,23	74,33	371,57
14 dias		12,14	302,90	74,00	376,90
21 dias		7,73	296,76	79,90	376,66
Osmoprotetores					
EA/GB/KPM/AS		11,67	281,41	70,25	351,66
EA/GB/KPM		12,88	298,66	75,50	374,16
EA/AS/KPM		10,14	307,08	82,50	389,58
EA/KPM		12,19	319,33	84,83	404,16
EA/GB		12,37	289,16	72,25	361,41
EA		9,59	304,91	79,91	384,83
Controle		10,87	289,41	73,08	362,50

*; ** significativo a 5 e 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. G.L – Grau de liberdade; CV – coeficiente de variação.

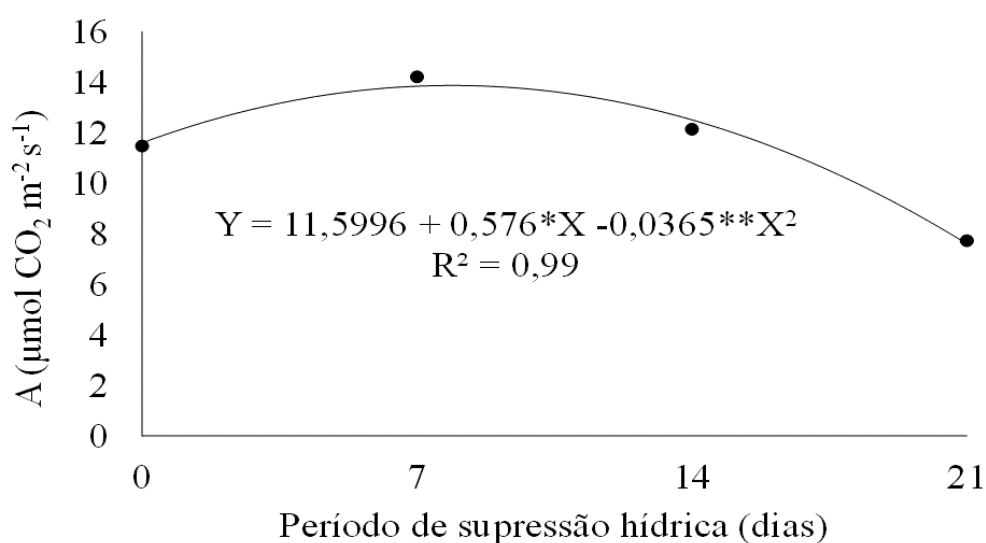


Figura 2. Taxa fotossintética (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em plantas de feijão cultivar BRS Estilo em função dos períodos de supressão hídrica.