

TROCAS GASOSAS DE GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO SOB ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA VARIANDO AS FASES FENOLÓGICAS

Rômulo Carantino Lucena Moreira¹, Lauriane Almeida dos Anjos Soares², Pedro Dantas Fernandes³, Geovani Soares de Lima², Idelvan José da Silva⁴, Irlan Victor de Sousa Palmeira⁴

RESUMO: Objetivou-se estudar os efeitos de estratégias de manejo da irrigação com águas de baixa e alta salinidade, variando as fases fenológicas das plantas, sobre as trocas gasosas fitomassa seca da parte aérea e produção de genótipos de feijão *Phaseolus*. A pesquisa foi realizada em ambiente protegido na Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande, PB. Usando-se o delineamento experimental em blocos casualizados no esquema fatorial 3 x 7, sendo três genótipos de feijão *Phaseolus* (G1 - BRS Agreste; G2 - BRS Realce; G3 - BRS Notável). irrigados com águas de baixa (0,6 dS m⁻¹) e alta salinidade (3,0 dS m⁻¹) sob sete estratégias de manejo variando os estádios de desenvolvimento das plantas, com três repetições, cuja unidade experimental foi composta por três plantas, totalizando 189 plantas. A aplicação da água salina na fase vegetativa ocasiona uma drástica redução nos aspectos fisiológicos da cultura, sem recuperação das plantas após suspensão do estresse.

PALAVRAS-CHAVE: Salinidade, Taxa de assimilação de CO₂, estádios de desenvolvimento, *Phaseolus vulgaris*

GAS EXCHANGES OF BEAN GENOTYPES UNDER SALINE WATER IRRIGATION STRATEGIES VARYING PHENOLOGICAL PHASES

ABSTRACT: The aim of this work was to study the effects of low and high salinity irrigation management strategies, varying the phenological phases of the plants, on the dry matter phytomass gas exchange and production of *Phaseolus* bean genotypes (G1 - BRS Agreste; G2

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG – PB, e-mail: romulocarantino@gmail.com

² Prof^a Doutora da Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG – PB, e-mail: lauriane@cnpq.pq.br; geovani.soares@cnpq.pq.br

³ Prof. Doutor Universidade Federal de Campina Grande, UFCG – PB, e-mail: pedrodantasfernandes@gmail.com

⁴ Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG – PB, e-mail: idelvan3@hotmail.com

- BRS Realce; G3 - BRS Notável). The research was conducted in a protected environment at the Federal University of Campina Grande, UFCG, Campina Grande, PB. Using a randomized block design in a 3 x 7 factorial scheme, three genotypes of *Phaseolus* beans irrigated with low (0.6 dS m^{-1}) and high salinity (3.0 dS m^{-1}) waters under seven management strategies varying the stages of plant development, with three replications, whose experimental unit consisted of three plants, totaling 189 plants. The application of saline water in the vegetative phase causes a drastic reduction in the physiological aspects of the crop, without recovery of the plants after stress suspension.

KEYWORDS: Salinity, CO₂ Assimilation Rate, stages of development, *Phaseolus vulgaris*

INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa da família *Fabaceae*, cujo grão é muito apreciado, sendo uma importante fonte de calorias, proteínas, carboidratos, zinco, ferro e cálcio, além de possui notadamente destaque na sociedade e economia do país (Martins et al., 2017). Em 2017, o Brasil foi o terceiro maior produtor mundial de feijão, com uma produção de 3,3 milhões de toneladas e uma produtividade de 1076 kg ha^{-1} (Conab, 2018).

Entretanto, a produção agrícola do feijoeiro no Nordeste brasileiro em muitos casos fica comprometida devido à elevada demanda evapotranspirativa, baixo índice pluviométrico e disponibilidade de recursos hídricos e edáficos com variação nos teores de sais (Ferraz et al. 2011). Neste sentido, em tal região, é imprescindível a geração de tecnologias que viabilizem a utilização de águas com restrição salina na irrigação das culturas (Letey et al., 2007).

Em geral, o estresse salino é responsável por limitar o desenvolvimento e produtividade das culturas, isso ocorre, principalmente, devido à redução do potencial osmótico na solução do solo podendo, também, ocasionar toxicidade iônica, desequilíbrios nutricionais ou ambos, em razão da acumulação excessiva de certos íons nos tecidos vegetais. Todavia, a tolerância das plantas à salinidade varia em função da espécie vegetal, dos genótipos de uma mesma espécie, estágio fenológico, condições edafoclimáticas e de fatores como tipo e concentração de sal, tempo de exposição, tal como da interação entre eles (Neves et al., 2008).

Nesse contexto, objetivou-se avaliar os efeitos de estratégias de manejo da irrigação com águas salinas, variando as fases fenológicas das plantas, sobre as trocas gasosas, de genótipos de feijoeiro *Phaseolus*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (casa de vegetação) do Centro de Ciências Tecnologia e Recursos Naturais- CTRN da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Campina Grande, Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 07°15'18'' de latitude Sul, 35°52'28'' de longitude Oeste e altitude média de 550 m.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 7, correspondendo a três genótipos de feijoeiro (G1 - BRS Agreste; G2 - BRS Realce; G3 - BRS Notável) e sete estratégias de manejo com irrigação com água salina, variando em função das fases fenológicas das plantas: vegetativa (A) - período compreendido entre a o estágio V1 e V4; florescimento (B) - surgimento dos primórdios florais, compreendido nos estágios R5 e R6; e formação da produção (C) – período entre a formação da vagem até maturação fisiológica (R7 até R9). Combinados os fatores, estes resultaram em 21 tratamentos, com três repetições e três plantas por parcela, totalizando 189 plantas.

Utilizou-se de dois níveis de salinidade da água de irrigação, um com baixa condutividade elétrica (CEa = 0,6 dS m⁻¹ - índice 1) e alta salinidade (3,0 dS m⁻¹ - índice 2); sendo estas aplicadas sob diferentes estratégias de manejo: T1-A₁B₁C₁ – plantas irrigadas com água não salinizada (0,6 dS m⁻¹) durante todo o ciclo da planta – identificadas pelo índice 1 nas fases fenológicas; T2-A₂B₁C₁ – plantas sob estresse salino na fase vegetativa (índice 2 na fase A); T3-A₁B₂C₁ – plantas submetidas a estresse salino na fase de floração (índice 2 na fase B); T4-A₁B₁C₂ – irrigação com água de alta condutividade elétrica na fase de formação da produção (índice 2 na fase C); T5-A₂B₁C₂ – plantas irrigadas com água salinizada nas fases vegetativa e de formação da produção; T6-A₂B₂C₁ – irrigação com água salinizada sucessivamente nas fases vegetativa e de floração e T7-A₁B₂C₂ – plantas sob estresse salino nas fases de floração e formação da produção.

As plantas foram cultivadas em recipientes plásticos (vasos) com capacidade de 20 L (35 cm de altura, 31 cm diâmetro superior, 20 cm diâmetro inferior), os quais receberam na base uma camada de 3 cm de brita e uma manta geotêxtil para evitar a obstrução do sistema de drenagem pelo material de solo. Cobrindo a superfície da base do recipiente, em cada vaso foi colocado uma mangueira transparente de 4 mm de diâmetro conectada à sua base, de modo a facilitar a drenagem, sendo acoplada a um recipiente plástico para coleta da água a ser drenada, para funcionar como lisímetro de drenagem.

Em seguida, foram adicionados 22,5 kg de um Neossolo Regolítico Eutrófico, textura franco-arenosa, onde suas características químicas encontram-se dispostos na Tabela 1. Adubação de fundação com nitrogênio, fósforo e potássio foi realizada conforme recomendação de adubação para ensaios em vasos, contida em Novais et al. (1991), colocando-se as quantidades de 100, 300 e 150 mg kg⁻¹ de solo respectivamente, nas formas de ureia, fosfato monoamônico (MAP) e cloreto de potássio; aplicados em cobertura, via água de irrigação, aos 15, 30 e 45 dias após a semeadura (DAS).

Tabela 1. Características físico-hídricas do solo utilizado no experimento.

		Características químicas						
pH (H ₂ O) (1:2,5)	M.O. g kg ⁻¹	P (mg kg ⁻¹)	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
		cmol _c kg ⁻¹					
5,58	2,93	39,2	0,23	1,64	9,07	2,78	0,0	8,61
.....Características químicas.....		Características físicas.....					
CEes	CTC	RAS	PST	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
(dS m ⁻¹)	cmol _c kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa
2,15	22,33	0,67	7,34	572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

pHes = pH do extrato de saturação do substrato; CEes = Condutividade elétrica do extrato de saturação do substrato a 25 °C; Matéria Orgânica (M.O); Capacidade de troca de cátions (CTC);

A água utilizada na irrigação do tratamento de menor salinidade (0,6 dS m⁻¹) foi obtida diluindo-se a água do sistema público de abastecimento de Campina Grande-PB, com água de chuvas; a água com CE de 6 dS m⁻¹ (CEa alta) foi preparada conforme a relação entre CE_a e concentração de sais (10*meq L⁻¹ = 1 dS m⁻¹ de CE_a) extraída de Rhoades et al. (2000). Manteve-se a umidade do solo no nível equivalente ao da máxima capacidade de retenção (CC), em todas as unidades experimentais, com uso de água de baixa salinidade (0,3 dS m⁻¹), até a emissão da primeira folha definitiva, quando se iniciou a aplicação dos tratamentos. As irrigações foram realizadas diariamente, às 17 horas, aplicando-se, em cada recipiente, o volume de água correspondente à demanda da planta.

O volume aplicado em cada evento de irrigação foi estimado por meio de balanço hídrico, tomando-se como base em que: CH é o consumo hídrico, considerando o volume de água aplicado às plantas (Va) no dia anterior; Vd é o volume drenado, quantificado na manhã do dia seguinte e FL é a fração desejada de lixiviação, estimada em 20%, a fim de propiciar a redução de parte dos sais acumulados na zona radicular, provenientes da água de irrigação.

$$VC = \frac{VA - VD}{1 - FL} \quad \text{Eq. 1}$$

Aos 15, 30 e 45 DAS, determinaram-se às trocas gasosas das plantas de feijoeiro com intuito de se obter a condutância estomática (g_s) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) e taxa assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). sob densidade de fluxo de fótons fotossintéticos de $1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Tais medidas foram realizadas com um determinador de trocas gasosas em plantas, contendo um analisador de gás infravermelho - IRGA (Infra Red Gás Analyser, modelo LCpro – SD, da ADC Bioscientific, UK., (KONRAD et al., 2005).

Nos casos de significância, fez-se teste de médias por Scott Knott ($p < 0,05$) para as estratégias de irrigação e teste de Tukey ($p < 0,05$) para as doses de potássio utilizando-se o software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na comparação de médias relativas a condutância estomática (Figura 1A), obtidas em plantas irrigadas com águas de baixa e alta salinidade, constatou-se redução na condutância estomática do feijoeiro na ordem de 40%, 33,3% e 46,67% aos 30 DAS, minimizando-se para 28,57%, 35,71% e 21,42% aos 45 DAS na estratégias de manejo envolvendo a fase vegetativa (VE, VE/FR e VE/FL), respectivamente. Entretanto, as maiores condutâncias estomáticas nas diferentes estratégias de manejo foram obtidas quando o estresse salino foi aplicado na floração ($0,12$ E $0,13 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e na formação da produção ($0,15$ e $0,12 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) aos 30 e 45 DAS, respectivamente (Figura 1A). Nesse sentido, observa-se, a fase vegetativa do feijão *Phaseolus* como mais sensível ao estresse salino, estando de acordo com os resultados obtidos por Souza et al. (2011) avaliando as respostas fotossintéticas no feijão caupi submetido à salinidade no período de 28 a 35 dias após a emergências das plantas (fase vegetativa) com decréscimos na condutância estomática relacionados aos aumentos da concentração de NaCl no substrato nesta fase.

Em relação a taxa de transpiração do feijoeiro variou apenas aos 15 e 45 DAS (Figura 1B), com reduções em todas as estratégias envolvendo o estágio vegetativo, com decréscimos de 31,7, 24,4 e 17% nas estratégias VE, VE/FR e VE/FL aos 15 DAS, acentuando-se para 23,5% e 29,4% nas estratégias VE e VE/FR aos 45 DAS, respectivamente. No início da fase de frutificação, também, nota-se diferença entre as estratégias estudadas, onde os tratamentos VE e VE/FR, obtiveram valores variando de 1,3 e 1,2 $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$. De acordo com o teste de médias das estratégias de manejo da salinidade na concentração interna de CO_2

(Figura 1C), não se observou diferença significativas em nenhuma das estratégias estudadas, ressalta-se, ainda, não haver diferença entre genótipos de feijoeiro avaliados.

Embora, observa-se valores médios da Ci entre 249 e 283 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), esses valores são superiores aos citados em estudos com plantas C3 (200 e 250 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) (Taiz & Zeiger, 2017). Seguindo as reduções da condutância estomática e da taxa de transpiração, a taxa de assimilação de CO_2 (A) (Figura 1D) foi comprometida quando as plantas foram irrigadas com água de condutividade elétrica de 3,0 dS m^{-1} aos 15 e 30 DAS, evidenciando-se o estresse nas estratégias VE e VE/FL, onde, notam-se as menores taxas fotossintéticas líquidas (6,1 e 5,3 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ aos 15 DAS e 6,1 e 4,6 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ aos 30 DAS), respectivamente. Portanto, há uma tendência de maior sensibilidade ao estresse salino quando a irrigação com alta salinidade ocorreu na fase vegetativa, por reduzir a condutância estomática, conforme abordado anteriormente.

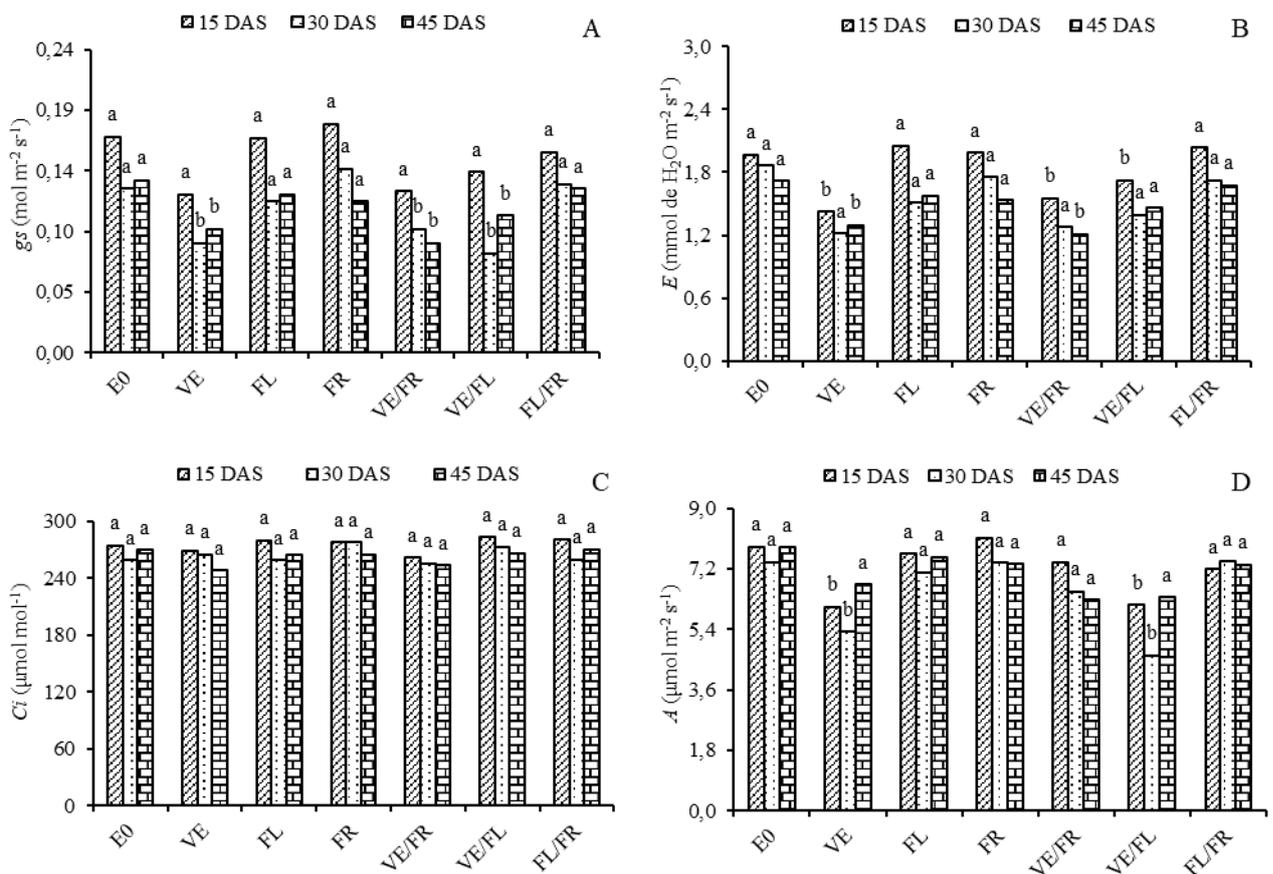


Figura 1. Condutância estomática - g_s (A), Taxa de transpiração - (B) Concentração interna de CO_2 - C_i (C) e Taxa de assimilação de CO_2 - A (D) do feijoeiro em função da interação entre as estratégias de manejos da salinidade e os genótipos de feijoeiro *Phaseolus* aos 15, 30 e 45 DAS.

CONCLUSÕES

A aplicação da água salina na fase vegetativa reduz os aspectos fisiológicos da cultura.

A estratégia de manejo na fase fenológica de frutificação é a mais tolerante ao estresse salino quanto a taxa de assimilação de CO₂.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Conab, Companhia Nacional de Abastecimento – Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 11 Safra 2017/18 – Décimo primeiro levantamento, Brasília, p. 1-148, 2018.

Ferraz, R.L. de S.; Melo, A.M.; Ferreira, R.S.; Dutra, A.F.; Figueredo, L.F. – Aspectos morfofisiológicos, rendimento e eficiência no uso da água do meloeiro ‘Gália’ em ambiente protegido. *Revista Ciência Agronômica*, vol. 42, n. 4, p. 957-964, 2011.

Ferreira, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência Agrotecnologia*, v. 38, p.109-112, 2014.

Konrad, M.L.F.; Silva, J.A.B.; Furlani, P.R.; Machado, E.C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. *Bragantia*, v.64, n.3, p.339-347, 2005.

Martins, C.A.S.; Reis, E.F.; Garcia, G.O.; Tomaz, M.A. – Efeito do déficit hídrico na fase de enchimento de grãos do feijoeiro comum. *Nativa*, vol. 5, n. 6, p. 386-395, 2017.

Neves A.L.R.; Guimarães, F.V.A.; Lacerda, C.F.; Silva, F.B.; Silva, F.L.B. –Tamanho e composição mineral de sementes de feijão-de-corda irrigado com água salina. *Revista Ciência Agronômica*, vol. 39, n. 4, p. 569–574, 2008.

Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. (ed.). *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília: Embrapa-SEA. p.189-253. 1991.

Rhoades, J.D., Kandiah, A.M., Marshali, A.M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Campina Grande: UFPB, 117 p. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 48), 2000.

Taiz, L. Zeiger, E. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 858p.

Rômulo Carantino Lucena Moreira et al.

Souza, R.P.; Machado, E.C.; Silveira, J.A.G.; Ribeiro, R.V. – Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 46, n. 6, p. 586-592, 2011.