

**TROCAS GASOSAS DE PLANTAS DE BETERRABA SUBMETIDAS AO ESTRESSE
SALINO E DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS**

Rute Maria Rocha Ribeiro¹, Andreza Silva Barbosa², Geocleber Gomes de Sousa³, Paulo Bumba Chiumbua Cambissa⁴, Francisco Hermes Rodrigues Costa⁵, Claudivan Feitosa de Lacerda⁶

RESUMO: Objetivou-se com o presente estudo avaliar diferentes níveis salinos associados a dois regimes hídricos sobre as trocas gasosas da cultura da beterraba. O experimento foi realizado em área pertencente a Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas. As parcelas foram formadas pelas condutividades elétricas da água de irrigação (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹), enquanto os regimes hídricos de 50 e 100% da evapotranspiração da cultura - ET_c, as subparcelas, com 6 repetições. Aos 50 dias após o transplantio (DAT) foi realizada a avaliação das seguintes variáveis de trocas gasosas: fotossíntese (*A*), condutância estomática (*g_s*), transpiração (*E*). O estresse salino afeta a fotossíntese, porém com menor proporção no regime hídrico de 50% da ET_c. O regime hídrico de 100% ET_c associado a água de maior salinidade aumenta a condutância estomática e a transpiração da cultura da beterraba.

PALAVRAS-CHAVE: *Beta vulgaris* L. Salinidade. Estresse hídrico

**GASEOUS EXCHANGES OF BEET PLANTS SUBMITTED TO SALINE STRESS
AND DIFFERENT WATER REGIMES**

¹ Eng.^a. Agrônoma, Mestranda, Depto. de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza - CE, Fone: (085) 3366.9762. E-mail: rutemaryrocha@gmail.com

² Eng.^a. Agrônoma, Mestranda, Depto. de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza - CE, E-mail: andrezaabarbosaunilab@gmail.com

³ Prof. Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, CEP: 62790-000, Av. Abolição, Redenção, CE, Brasil. E-mail: sousagg@unilab.edu.br

⁴ Graduando em Agronomia, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, CEP: 62790-000, Av. Abolição, Redenção, CE, Brasil. E-mail: paulobumba601@gmail.com

⁵ Graduando em Agronomia, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, CEP: 62790-000, Av. Abolição, Redenção, CE, Brasil. E-mail: hermesonrc@gmail.com

⁶ Prof.^o Doutor em Ciências Agrárias/Fisiologia Vegetal, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza - CE, Fone: (085) 3366.9762 E-mail: cfeitosa@ufc.br

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate different saline levels associated with two water regimes on the gas exchange of sugar beet. The experiment was carried out in an area belonging to the University of International Integration of Afro-Brazilian Lusofonia. The experimental design used was a completely randomized design, in split plots. The plots were formed by the electrical conductivities of the irrigation water (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 and 6,0 dS m⁻¹), while the water regimes of 50 and 100% of the crop evapotranspiration - ET_c, the subplots, with 6 repetitions. At 50 days after transplanting (DAT) the following gas exchange variables were evaluated: photosynthesis (*A*), stomatal conductance (*g_s*), transpiration (*E*). Salt stress affects photosynthesis, but with a lower proportion in the water regime than 50% of ET_c. The 100% ET_c water regime associated with higher salinity water increases the stomatal conductance and transpiration of the sugar beet crop.

KEYWORDS: *Beta vulgaris* L. Salinity. Hydrical stress

INTRODUÇÃO

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) pertencente à família Chenopodiaceae, é uma hortaliça bianual originária da costa do Mediterrâneo, englobando países do sul da Europa e norte da África (FILGUEIRA, 2012). É uma cultura que vem se destacando no Brasil, estando atualmente, entre as dez olerícolas mais produzidas no país. A região Nordeste aparece em terceiro lugar, ficando atrás apenas das regiões Sul e Sudeste, com 2605 mil estabelecimentos rurais e 15 mil toneladas produzidas (IBGE, 2018).

No Nordeste brasileiro há ocorrência de déficit hídrico para as plantas devido à taxa de evapotranspiração potencial exceder a de precipitação durante a maior parte do ano, sendo necessário o uso da irrigação para garantir a produção agrícola. Diante do cenário de escassez da água na agricultura, o uso de água de qualidade inferior, como águas salinas, apresenta-se com uma alternativa importante (NEVES et al., 2015; SILVA et al., 2019).

A salinidade afeta negativamente o crescimento e o metabolismo vegetal, prejudicando às funções fisiológicas e bioquímicas devido a redução da absorção de água e modificações na absorção, assimilação e distribuição de nutrientes essenciais para as plantas (SOUSA et al., 2010; PEREIRA FILHO et. al., 2019), além de ser uma das razões responsáveis pela depreciação da produtividade de culturas nas regiões áridas e semiáridas (SOUZA et al., 2019; RODRIGUES et al., 2020).

Os estudos sobre a utilização do manejo da irrigação com água salina por meio de regimes hídricos partem da premissa de que essa estratégia pode maximizar o desempenho agrônômico

das culturas (PEREIRA FILHO et al., 2017; PEREIRA FILHO et al., 2020). O estresse hídrico pode trazer a mudança na concentração, composição e distribuição de metabólitos primários e secundários em células vegetais que aumentam sua capacidade de sobrevivência contra o estresse abiótico e biótico, seguindo uma interação complexa entre eles (MUNDIM & PRINGLE, 2018; ISLAM et al., 2020).

Objetivou-se com este estudo avaliar diferentes níveis salinos associados a dois regimes hídricos sobre as trocas gasosas da cultura da beterraba.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental da Unidade de Produção de Mudas das Auroras (UPMA), UNILAB, Redenção-CE. O município de Redenção está situado a uma latitude de 04°1333S, longitude de 38°4350W, com altitude média de 88 m. O clima da região de acordo com o IPECE (2017), é classificado como Tropical quente úmido e Tropical subúmido quente, com precipitação média de 1.062 mm e temperatura média variando de 26 a 28 ° C.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), em parcelas subdivididas. As parcelas são formadas pelas condutividades elétricas da água de irrigação (CEa) (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹), enquanto os regimes hídricos de 50 e 100% da evapotranspiração da cultura - ETc, as subparcelas, com 6 repetições.

A cultivar utilizada foi a “*Early Wonder Tall Top*”. A semeadura ocorreu em bandejas de isopor com 200 células de 40 cm³ de volume, onde cada célula recebeu uma semente à 2 cm de profundidade. Aos 20 dias após o plantio as mudas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 12 litros, que foram preenchidos com substrato na proporção 5:3:2, referente a solo, areia e esterco bovino, respectivamente. O solo utilizado se caracteriza como um Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2018).

O substrato apresentava os seguintes atributos químicos: pH 6,4, condutividade elétrica do extrato de saturação 0,08 dS m⁻¹, matéria orgânica 14,59 g kg⁻¹, 27 mg kg⁻¹ de P assimilável e 0,78, 4,50, 0,70, 0,67, 1,49 cmol_c kg⁻¹ de K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e H⁺+Al³⁺, respectivamente. Na preparação das águas salinas, a quantidade dos sais foi obtida conforme a metodologia sugerida por Rhoades et al. (2000).

A irrigação foi realizada de forma manual, conforme os tratamentos (50 e 100% da ETc), sendo utilizado o turno de rega a cada dois dias, de acordo com o princípio do lisímetro de drenagem (BERNARDO et al., 2019), utilizando-se uma fração de lixiviação de 0,15 (AYERS

& WESTCOT, 1999). Foi adotado também os coeficientes de cultivo (K_c) descrito por Allen et al. (1998) para a cultura da beterraba com valores de 0,50; 1,05 e 0,95, nas fases inicial, média e final, respectivamente (FAO, 56).

Aos 50 DAT foi realizada a avaliação das seguintes variáveis de trocas gasosas: fotossíntese (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E). As medições foram realizadas utilizando-se um analisador de gás no infravermelho (LCi System, ADC, Hoddesdon, UK). Os dados foram submetidos a análise de variância e médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o software Assistat, versão 7.7 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2016). Para a análise de regressão, foi usado como critério de escolha das equações a significância dos coeficientes de regressão ao nível de significância de 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste F e no maior R^2 .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a análise de variância para trocas gasosas (Tabela 1), houve interação entre os fatores CEa e regimes hídricos nas variáveis fotossíntese, transpiração, condutância estomática, ($p < 0,01$).

Tabela 1. Análise de variância das trocas gasosas de plantas de beterraba submetidas a estresse salino e hídrico.

FV	GL	Quadrados médios		
		A	E	G_s
Condutividade elétrica da água (CEa)	4	3,32 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Evapotranspiração potencial da cultura (ETc)	1	2,56 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
CEa x ETc	4	14,64**	1,43**	0,01**
Resíduo	20	2,73	0,17	0,002
CV%		35,24	28,33	30,29

¹Fonte de variação (FV); Grau de Liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV).

O modelo polinomial quadrático foi o que melhor se ajustou para a variável fotossíntese (Figura 1A) obtendo uma maior taxa fotossintética ($4,78 \mu\text{mol}^{-2} \text{s}^{-1}$) com o uso da CEa de $3,05 \text{ dS m}^{-1}$ no regime hídrico de 50%, já os menores valores foram encontrados na CEa $4,25 \text{ dS m}^{-1}$ em associação ao regime de 100% ETc, mostrando a influência da salinidade na redução da absorção de água pelas plantas, mesmo em níveis favoráveis de água no solo, refletindo negativamente nos processos fotossintéticos.

Melo et al. (2016) na cultura do pimentão observaram reduções na fotossíntese líquida devido ao aumento nos níveis de CEa, acima de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, atribuindo esse efeito ao aumento da toxicidade causada pelos sais e desidratação das membranas celulares, o que reduz a permeabilidade para o influxo de CO_2 . Na cultura da beterraba, Li et al. (2019) notaram que a irrigação com déficit moderado (50% FC) não influenciou as características fotossintéticas das folhas.

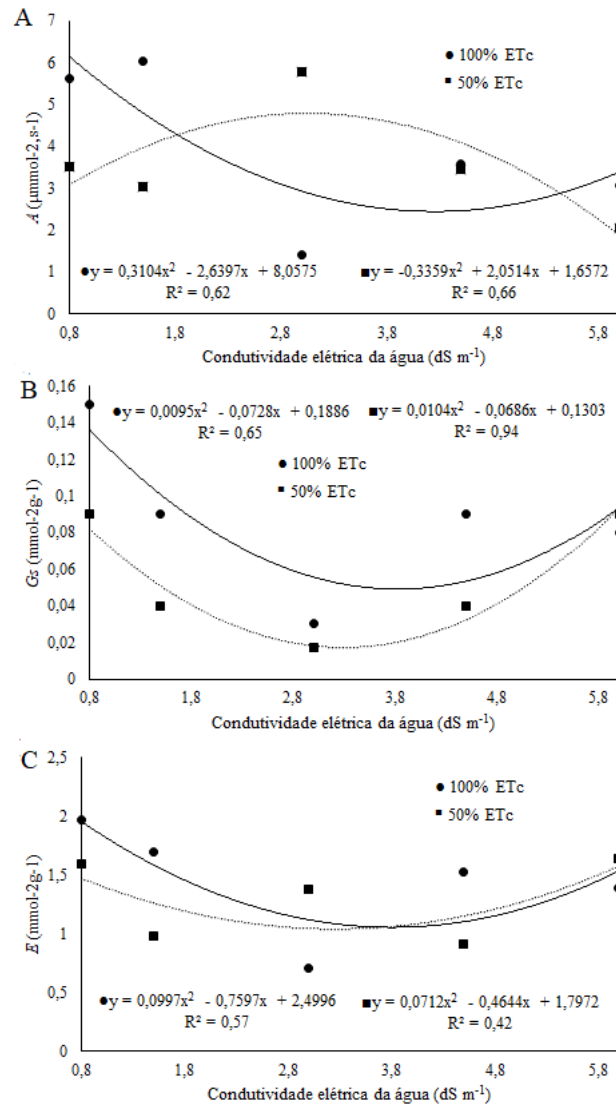


Figura 1. Taxa de fotossíntese líquida (1A), condutância estomática (1B) e transpiração (1C) de plantas de beterraba cultivadas sob condutividades elétricas da água de irrigação e dois regimes hídricos aos 50 DAT.

Para condutância estomática o modelo polinomial foi o que teve melhor arranjo, notando-se uma menor g_s nos regimes hídricos de 100 e 50% com o uso da CEa de 3,85 e 3,29 dS m^{-1} , respectivamente (Figura 1B). A redução de g_s é considerada um dos principais fatores que restringem a atividade fotossintética, diminuindo o influxo de CO_2 para os locais de carboxilação da rubisco dentro dos cloroplastos e causando um declínio na taxa fotossintética (LEAL et al., 2019). Ayyub et al. (2016) avaliando diferentes genótipos de rabanete sob estresse salino, perceberam que a condutância estomática diminuiu com o aumento da salinidade, onde a mais baixa g_s foi observada com uma condutividade de 7 dS m^{-1} .

De modo similar, a transpiração das plantas de beterraba sofreu interferência dos fatores regimes hídricos e salinidade da água de irrigação (Figura 1C), onde as menores taxas de transpiração (1,05 $\text{mmol}^{-2}\text{g}^{-1}$ para ETc 100% e 1,03 $\text{mmol}^{-2}\text{g}^{-1}$ para ETc 50%) foram observadas para ambos regimes com a aplicação da água de irrigação de 3,80 (100% ETc) e 3,26 dS m^{-1}

(50 ETc%). Silva et al. (2015) averiguaram para a cultura da beringela sob diferentes regimes hídricos o valor máximo de E ($3,4 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) na lâmina estimada de 153% da ETc. Holanda Filho et al. (2013) não observaram efeito da salinidade da água e das lâminas de irrigação sob a condutância e transpiração da mandioqueira.

CONCLUSÕES

O estresse salino afeta a fotossíntese, porém com menor proporção no regime hídrico de 50% da ETc. O regime hídrico de 100% ETc associado a água de maior salinidade aumenta a condutância estomática e a transpiração da cultura da beterraba.

AGRADECIMENTOS

A Fundação Cearense de apoio ao desenvolvimento científico – FUNCAP, pelo fomento para realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **FAO Irrigation and drainage paper, n.º. 56**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. 300p.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- AYYUB, C. M.; SHAHEEN, M. R.; RAZA, S.; YAQOUB, M. S.; QADRI, R. W. K.; AZAM, M.; GHANI, M. A.; KHAN, I.; AKHTAR, N. Evaluation of different radish (*Raphanus sativus*) genotypes under different saline regimes. **Am. J. Plant Sci.** v. 7, n. 6, p. 894-898. 2016.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9.ed. Viçosa: Editora UFV, 2019. 545p.
- EMBRAPA. **Brazilian soil classification system**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3.ed. Rio de Janeiro, 2018.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Editora UFV, Viçosa, Brazil. 2012. 421 p.

HOLANDA FILHO, R. S.F. de; SANTOS, D. B. dos; AZEVEDO, C. A. V.; COELHO, E. V.; DANTAS NETO, J. Água salina nos atributos fisiológicos e na produtividade da mandioqueira. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, p. 57-65. 2013.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017: resultados preliminares**. Brasil, 2018.

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil básico municipal de Redenção, CE: Governo do Estado do Ceará, 2017**. 2017. Available on: <https://www.ipece.ce.gov.br/wpcontent/uploads/sites/45/2018/09/Redencao_2017.pdf>. Accessed on: Jul. 2021.

ISLAM, M. J.; KIM, J. W.; BEGUM, M. K.; SOHEL, M. A. T.; LIM, Y.S. Physiological and Biochemical Changes in Sugar Beet Seedlings to Confer Stress Adaptability under Drought Condition. **Plants**, v. 9, n. 11, p. 1511, 2020.

LEAL, Y. H.; SOUSA, L. V. de; MOURA, J. G. de; BASÍLIO, A. G. de S.; MELO FILHO, J. S. de; SILVA, T. I. da; GONÇALVES, A. C. de M.; DIAS, T. J. Desempenho agrônomico e trocas gasosas do rabanete sob estresse salino e aplicação de ácido ascórbico. **Rev.colomb.cienc.hortic.** , Bogotá, v. 13, n. 1, p. 89-98, 2019.

LI, Y.; LIU, N.; FAN, H.; SU, J.; FEI, C.; WANG, K.; MA, F.; KISEKKA, I. Effects of deficit irrigation on photosynthesis, photosynthate allocation, and water use efficiency of sugar beet. **Agricultural Water Management**, v. 223, p. 105701, 2019.

MELO H. F.; SOUZA, E. R. de; DUARTE, H. H. F.; CUNHA J. C.; SANTOS, H. R. B. Troca gasosa e pigmentos fotossintéticos em pimentão irrigado com água salina. **Revist Brasil Engen Agrícola Ambient**. v. 21, p. 38-43, 2016.

MUNDIM, F. M.; PRINGLE, E. G. Alocação metabólica de planta inteira sob estresse hídrico. **Frente. Plant Sci**. v. 852, n. 9, 2018.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; SOUSA, C. H.C.; SILVA, F. L. B.; GHEYI, H. R.; FERREIRA, F. J. ANDRADE FILHO, F. L. Growth and yield of cowpea/sunflower crop rotation under different irrigation management strategies with saline water. **Revista Ciência Rural**, v. 45, n. 5, p. 814-820, 2015.

PEREIRA FILHO, J. V.; BEZERRA, F. M. L.; SILVA, T. C.; PEREIRA, C. C. M. S. Crescimento vegetativo do feijão-caupi cultivado sob salinidade e déficit hídrico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 8, p. 2217-2228, 2017.

PEREIRA FILHO, J. V.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; CHAGAS, K. L.; AZEVEDO, B. M.; PEREIRA, C. C. M. S. Physiological responses of lima bean subjected to salt and water stresses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 12, p. 959-965, 2019.

PEREIRA FILHO, J. V.; MENDONÇA, A. de M.; SOUSA, G. G. de; VIANA, T. V. de A.; RIBEIRO, R. M. R.; CANJÁ, J. F. Crescimento inicial da cultura da fava irrigada sob estresse salino e hídrico. **RBAI**, v. 14, n. 3, p. 4036-4046, 2020.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p.

RODRIGUES, V. dos S.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, G. G. de; FIUSA, J. N.; LEITE, K. N.; VIANA, T. V. de A. Yield of maize crop irrigated with saline waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 101-105, 2020.

SILVA, F. D. A. E.; AZEVEDO, C. D. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. de. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 19, p. 946-952, 2015.

SOUSA, A. E. C.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, C. H. C.; SANTOS, F. S. S. Produtividade do meloeiro sob lâmina de irrigação e adubação potássica. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 2, p. 271-278, 2010.

SOUZA, M. V. P.; SOUSA, G. G.; SALES, J. R. S.; FREIRE M. H. C.; SILVA, G. L.; VIANA, T. V. A. Saline water and biofertilizers from bovine and goat manure in the Lima bean crop. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 3, p. 56-72, 2019.