

TROCAS GASOSAS DE QUIABEIRO SOB NÍVEIS DE REPOSIÇÃO HÍDRICA E POLÍMERO HIDRORETENTOR

SAULO SOARES DA SILVA¹, GEOVANI SOARES DE LIMA², LAURIANE ALMEIDA DOS ANJOS SOARES³, FLÁVIA DE SOUSA ALMEIDA⁴ e VITOR MANOEL BEZERRA DA SILVA⁵

¹Dr. Pesquisador PDJ PPGSA, UFCG, Pombal-PB, saulosoares90@gmail.com

²Dr. em Engenharia Agrícola, Prof. Assistente UAGRA, UFCG, Pombal-PB, geovani.soares@professor.ufcg.edu.br;

³Dra. em Engenharia Agrícola, Prof. Adj. UAGRA, UFCG, Pombal-PB, lauriane.soares@professor.ufcg.edu.br;

⁴Mestranda PPGSA, UFCG, Pombal-PB, flaviaalmeida632@gmail.com;

⁵Mestrando PPGEA, UFCG, Campina Grande-PB, vitortn20@gmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
6 a 9 de outubro de 2025

RESUMO: Objetivou-se avaliar as trocas gasosas de quiabeiro cultivado sob níveis de reposição hídrica e doses de polímero hidroretentor. O experimento foi conduzido em vasos adaptados como lisímetros de drenagem em condição de casa-de-vegetação, nas dependências do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal-PB. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, em arranjo fatorial 2×4 , sendo constituídos pela combinação de dois fatores: dois níveis de reposição de água (40 e 100% da evapotranspiração da cultura - ETc) associados a quatro doses de polímero hidroretentor (0,0; 1,0; 2,0 e 3,0 g L⁻¹) com três repetições. O déficit hídrico ocasionado pela lâmina de 40% da ETc inibiu as trocas gasosas foliares do quiabeiro cv. Caracará, aos 45 dias após a semeadura.

PALAVRAS-CHAVE: *Abelmoschus esculentus* L., estresse hídrico, hidrogel, trocas gasosas.

GAS EXCHANGE OF OKRA UNDER WATER REPLACEMENT LEVELS AND WATER-RETENTIVE POLYMER

ABSTRACT: The objective was to evaluate the gas exchanges of okra cultivated under water replacement levels and doses of water-retaining polymer. The experiment was conducted in pots adapted as drainage lysimeters in greenhouse conditions, on the premises of the Center for Agrofood Science and Technology of the Federal University of Campina Grande, Pombal-PB Campus. The treatments were distributed in randomized blocks, in a 2×4 factorial arrangement, consisting of the combination of two factors: two levels of water replacement (40 and 100% of crop evapotranspiration - ETc) associated with four doses of water-retaining polymer (0.0; 1.0; 2.0 and 3.0 g L⁻¹) with three replicates. The water deficit caused by the 40% ETc depth inhibited leaf gas exchange in okra cv. Caracará, 45 days after sowing.

KEYWORDS: *Abelmoschus esculentus* L., water stress, hydrogel, gas exchange.

INTRODUÇÃO

O quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.) é uma hortaliça relevante para pequenos produtores em climas tropicais úmidos, graças à sua resistência ao calor, cultivo simples e rentabilidade. No Brasil, seu cultivo ocorre em várias áreas, com destaque para as regiões Sudeste e Nordeste, onde é bastante consumido (Santos et al., 2020).

Apesar de o quiabo estar adaptado aos diversos tipos de solo do semiárido brasileiro (Modesto et al., 2019; Lima et al., 2020), sua produtividade é limitada pela falta de água em quantidade e qualidade adequadas (Goes et al., 2020), causada por extensos períodos de estiagem e elevada evapotranspiração (Lopes et al., 2020).

Em condições de déficit hídrico, os sinais químicos produzidos pelas plantas são conduzidos via xilema das raízes às folhas, promovendo o fechamento estomático parcial, onde isso limita a transpiração excessiva, o que, por sua vez, reduz os teores de CO₂ intracelular (Cheng et al., 2018), resultando em restrições na fisiologia e alocação de fotoassimilados das plantas, comprometendo o crescimento (Usman e outros, 2022; Soares et al., 2023), refletindo na redução da produção.

Nesse contexto é necessário o uso de uma prática de manejo que possa reduzir os danos do déficit hídrico as plantas, como o uso de polímeros hidroretentores, mais conhecidos como hidrogel. O uso de hidrogel favorece o crescimento do sistema radicular e o desenvolvimento vegetal, otimiza o uso da água (proveniente de irrigação ou chuva), atenua os efeitos da escassez hídrica durante estiagens e minimiza a lixiviação de nutrientes, onde esses fatores contribuem para a redução dos custos produtivos e proporcionam maior flexibilidade no manejo da irrigação (Benett et al., 2015; Felipe et al., 2021).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar as trocas gasosas foliares de quiabeiro cultivado sob níveis de reposição hídrica e doses de polímero hidroretentor.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condição de casa-de-vegetação, nas dependências do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Pombal-PB, cujas coordenadas geográficas locais de referência são 6°48'16" S, 37°49'15" O e altitude média de 144 m.

Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, em arranjo fatorial 2 × 4, sendo constituídos pela combinação de dois fatores: dois níveis de reposição de água (40 e 100% da evapotranspiração real da cultura - ETr) associados a quatro doses de polímero hidroretentor (0,0; 1,0; 2,0 e 3,0 g L⁻¹) com três repetições. Nesta pesquisa, foi estudado a cultivar de quiabeiro Santa Cruz 47.

Foram utilizados vasos adaptados como lisímetros de drenagem de 20 L de capacidade para o cultivo das plantas; cada lisímetro foi perfurado na base para permitir a drenagem, e acoplada a um dreno transparente de 4 mm de diâmetro. A extremidade do dreno que ficará dentro do lisímetro foi envolvida com uma manta geotêxtil não tecida (Bidim OP 30) para evitar a obstrução do material de solo. Abaixo de cada dreno tinha uma garrafa plástica para a coleta de água drenada e estimativa do consumo de água pela planta. Os lisímetros foram preenchidos, com uma camada de 0,5 kg de brita seguido de 23,5 kg de material de solo representativo da região semiárida do estado da Paraíba (devidamente destorroado e homogeneizado). O solo foi coletado na profundidade de 0 - 30 cm (horizonte A). Antes de iniciar o experimento, o solo foi amostrado para determinação dos parâmetros químicos e físico-hídrico no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do CTRN/UFCG.

Foram realizadas adubações de cobertura com nitrogênio, potássio e fósforo. Foram aplicados o equivalente a 100, 150 e 300 mg kg⁻¹ do substrato de N, K₂O e P₂O₅, respectivamente, aplicados em quatro aplicações via fertirrigação, em intervalos de 10 dias, sendo a primeira aplicação realizada aos 10 dias após semeio (DAS). Com o propósito de suprir a necessidade de micronutrientes, foram aplicados 2,5 g L⁻¹ de ubyfol via foliar, em intervalos de 15 dias. Para realização da semeadura foram utilizadas cinco sementes distribuídas de forma equidistantes em cada lisímetro, à profundidade de 2 cm. Após a emergência das plântulas, foram realizados desbastes em duas etapas, quando as plantas apresentarem com dois e três pares de folhas definitivas, respectivamente, deixando-se no último desbaste, uma planta por recipiente.

O polímero hidroretentor foi aplicado no solo com o produto hidratado e sua incorporação foi feita no momento do preenchimento dos vasos visando homogeneizar o produto aplicado. Inicialmente foi preenchido metade do lisímetro com solo, incorporando o polímero na camada restante do solo. Após a incorporação do polímero no solo, o conteúdo de água foi mantido no nível correspondente a capacidade de campo para permitir a sua hidratação. Após dez dias do processo de hidratação foi realizado o semeio.

Foi determinada a evapotranspiração real da cultura (ETr) pelo método de lisimetria de drenagem (Bernardo et al., 2019). A fisiologia das plantas de quiabeiro foi avaliada pelas trocas

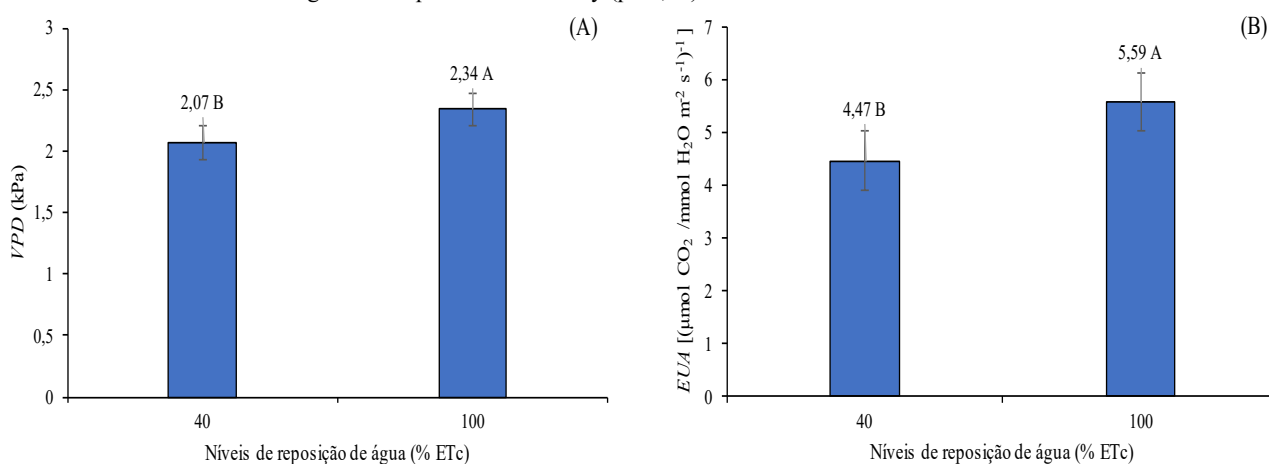
gasosas aos 45 DAS, através do déficit de pressão de vapor – *VPD* (kPa), eficiência instantânea do uso da água – *EUA* [$\mu\text{mol CO}_2 / \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$], eficiência intrínseca do uso da água – *EiUA* [$\mu\text{mol CO}_2 / \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$], e eficiência instantânea da carboxilação - *EiCi* (*A/Ci*) [$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)]. As leituras foram realizadas entre 7 e 10 h da manhã, com um determinador de trocas gasosas em plantas, contendo um analisador de gás infravermelho - IRGA (Infra Red Gas Analyser, modelo LCpro – SD, da ADC Bioscientific, UK).

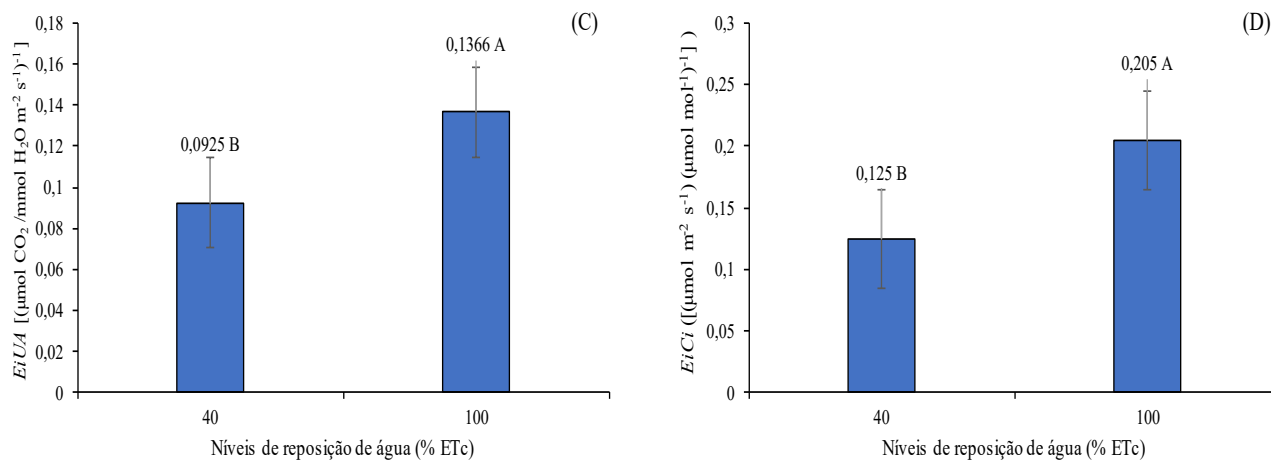
Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 0,05 de probabilidade e, quando significativo, foi realizado o teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para os níveis de reposição de água e análise de regressão polinomial (linear e quadrática) para as doses do polímero hidretentor, utilizando-se do software estatístico SISVAR – ESAL (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis de reposição hídrica afetaram significativamente as trocas gasosas das plantas de quiabeiro ‘Carcará’ os 45 dias após a semeadura - DAS. Lâmina de água com 100% da *ETc* resultou nos maiores valores 2,34 kPa; 5,59 [$\mu\text{mol CO}_2 / \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$]; 0,1366 [$\mu\text{mol CO}_2 / \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$]; e 0,205 [$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)] para déficit de pressão de vapor – *VPD*, eficiência instantânea do uso da água – *EUA*, eficiência intrínseca do uso da água – *EiUA* (C), e eficiência instantânea da carboxilação - *EiCi* (Figura 1A, B, C e D, respectivamente) das plantas de quiabeiro, respectivamente. Já as plantas irrigadas com 40% de nível de reposição hídrica obtiveram os menores valores médios na ordem de 2,07 kPa; 4,47 [$\mu\text{mol CO}_2 / \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$]; 0,0925 [$\mu\text{mol CO}_2 / \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$]; e 0,125 [$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)] para *VPD*, *EUA*, *EiUA*, e *EiCi* respectivamente. Comparando-se as plantas irrigadas com 40% da *ETc* em relação as submetidas a 100% da *ETc*, verifica-se decréscimo de 11,53; 20,03; 32,28; e 38,27% para para *VPD*, *EUA*, *EiUA*, e *EiCi* respectivamente das plantas de quiabeiro.

Figura 1. Déficit de pressão de vapor – *VPD* (A), eficiência instantânea do uso da água – *EUA* (B), eficiência intrínseca do uso da água – *EiUA* (C), e eficiência instantânea da carboxilação - *EiCi* (D) do quiabeiro, em função níveis de reposição hídrica, aos 45 dias após a semeadura. Média seguida por letras diferentes difere de forma significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).





A diminuição ocorrida nas trocas gasosas de quiabeiro é uma resposta das plantas as restrições hídricas, levando, como consequência final, ao fechamento dos estômatos. Esse processo de resposta fisiológica da planta pode ser associado à elevação nos níveis de ácido abscísico e à saída de potássio das células estomáticas, o que reduz a absorção de dióxido de carbono nos espaços subestomáticos e diminui a E e a perda de água (Hsu et al., 2021). Quanto a redução ocorrida em EUA , como o déficit hídrico induz o fechamento parcial ou total dos estômatos para reduzir a perda de água por transpiração (E) (Taiz et al., 2017), no entanto, essa resposta também limita a entrada de CO_2 , reduzindo a assimilação fotossintética (A), e como A é mais sensível ao fechamento estomático do que E , a razão entre esses parâmetros diminui (Gago et al., 2019).

Quanto a redução ocorrida em $EiUA$, o fechamento estomático inicialmente conserva água, mas rapidamente leva a uma limitação metabólica dominante na fotossíntese (Grassi & Magnani, 2005), por isso a $EiUA$ cai porque A diminui mais rapidamente do que g_s sob estresse hídrico moderado (Pilon et al., 2018). Já a $EiCi$ reflete a capacidade da planta em converter CO_2 em carboidratos durante a fotossíntese, e sob condições de déficit hídrico, a $EiCi$ é frequentemente reduzida devido a alterações bioquímicas e fisiológicas, como a redução na ativação da RuBisCO, onde a RuBisCO ativase, proteína que regula a atividade da RuBisCO, é inibida sob déficit hídrico devido ao acúmulo de espécies reativas de oxigênio e alterações no estado redox celular (Perdomo et al., 2017).

CONCLUSÃO

O déficit hídrico ocasionado pela lâmina de 40% da evapotranspiração da cultura inibe as trocas gasosas foliares do quiabeiro cv. Caracará, aos 45 dias após a semeadura.

AGRADECIMENTOS

A Fapesq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- Benett, K. S. S.; Benett, C. G. S.; Santos, G. G.; Costa, E. Effects of hydrogel and nitrogen fertilization on the production of arugula in successive crops. African Journal of Agricultural Research, v.10, p.2601-2607, 2015.
- Bernardo, S.; Mantovani, E. C.; Silva, D. D. da; Soares, A. A. Manual de Irrigação. 9. ed. Viçosa: UFV, 2019. 545p.
- Cheng, L.; Han, M.; Yang, L. M.; Yang, L.; Sol, Z.; Zhang, T. Changes in the physiological characteristics and baicalin biosynthesis metabolism of *Scutellaria baicalensis* Georgi under drought stress. Industrial Crops and Products, v.122, p.473-482, 2018.
- Cristiane, P.; Snider, J. L.; Sobolev, V.; Chastain, D. R.; Sorensen, R. B.; Meeks, C. D.; Massa, A. N.; Walk, T.; Singh, B.; Earl, H. J. Assessing stomatal and non-stomatal limitations to carbon

- assimilation under progressive drought in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *J Plant Physiol*, v.231, p.124-134, 2018.
- Felippe, D.; Navroski, M. C.; Pereira, M. de O.; Baptista, K. R. S. de P. Hydrogel in the seedling growth of *Eucalyptus dunnii* Maiden under different irrigation management. *Revista Ambiente & Água*, v.1, p.1-11, 2021.
- Ferreira, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v.37, n.4, p.529-535, 2019.
- Gago, J. Carriquí, M.; Nadal, M.; Coopman, R. E.; Fernie, A. R.; Flexas, J. Photosynthesis Optimized across Land Plant Phylogeny. *Trends Plant Sci*, v.24, n.10, p.947-958, 2019.
- Goes, G. F.; Guilherme, J. M. da S.; Sales, J. R. da S.; Sousa, G. G. de. Ambiência agrícola e estresse salino em mudas de quiabo. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.13, p.3646-3655, 2020.
- Grassi, G.; Magnani, F. Stomatal, mesophyll conductance and biochemical limitations to photosynthesis as affected by drought and leaf ontogeny in ash and oak trees. *Plant, Cell & Environment*, v.28, p., 2005.
- Hsu, P. K.; Dubeaux, G.; Takahashi, Y.; Schroeder, J. I. Signaling mechanisms in abscisic acid-mediated stomatal closure. *The Plant Journal*, v.105, p.307-321, 2021.
- Lima, G. S. de; Souza, C. M. A. de; Nobre, R. G.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Cavalcante, L. F. Gas exchanges, growth and production of okra cultivated with saline water and silicon fertilization. *Semina: Ciências Agrárias*, v.41, p.1937-1950, 2020.
- Lopes, J. R. A.; Bezerra, J. M.; Almeida, N. M. D. P.; Gonçalves, G. L.; Mendonça, S. dos. S. C. Águas subterrâneas como alternativa de subsistência em uma comunidade rural no semiárido brasileiro. *Águas Subterrâneas*, v.34, p.1-6, 2020.
- Modesto, F. J. N.; Santos, M. A. C. dos; Soares, T. M.; Santos, E. P. M. dos. Crescimento, produção e consumo hídrico do quiabeiro submetido à salinidade em condições hidropônicas. *Irriga*, v.24, p.86-97, 2019.
- Perdomo, J. A. Rubisco and Rubisco Activase Play an Important Role in the Biochemical Limitations of Photosynthesis in Rice, Wheat, and Maize under High Temperature and Water Deficit. *Frontiers in Plant Science*, v.13, e490, 2017.
- Santos, R. N. V.; Pires, T. P.; Mesquita, M. L. R.; Correa, M. J. P.; Silva, M. R. M. Weed interference in okra crop in the organic system during the dry season. *Planta Daninha*, v.38, e020217201, 2020.
- Soares, L. A. dos A.; Felix, C. M.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Silva, L. A.; Fernandes, P. D. Gas exchange, growth, and production of cotton genotypes under water deficit in phenological stages. *Revista Caatinga*, v.36, p.145-157, 2023.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I. M.; Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.
- Usman, M.; Bokhari, S. A. M.; Fatima, B.; Rashid, B.; Nadeem, F.; Sarwar, M. B.; Nawaz-ul-Rehman, M. S.; Shahid, M.; Ayub, C. M. Drought stress mitigating morphological, physiological, biochemical, and molecular responses of guava (*Psidium guajava* L.) cultivars. *Frontiers in Plant Science*, v.13, e878616, 2022.