

## RESPOSTAS BIOQUÍMICAS E FOTOSSINTÉTICAS DE *Batis maritima* SOB ESTRESSE HÍDRICO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Eleneide Pinto Gurgel<sup>1</sup>, Raimundo Audei Henrique Junior<sup>2</sup>, Mônica Danielle Sales da Silva<sup>3</sup>,  
Cynthia Cavalcanti Albuquerque<sup>4</sup>

**RESUMO:** A crescente escassez hídrica nas regiões áridas e semiáridas têm intensificado a busca por espécies vegetais adaptadas a ambientes com baixa disponibilidade de água. A halófito *Batis maritima* apresenta potencial agrônômico promissor, especialmente em áreas afetadas por déficit hídrico. Este estudo objetivou avaliar as respostas bioquímicas e fotossintéticas de *B. maritima* submetida a diferentes intervalos de irrigação. O experimento foi conduzido em estufa, utilizando estacas enraizadas em substrato composto por areia, argila e húmus (1:1:1), sob quatro regimes de irrigação: diário, a cada 10, 20 e 40 dias. Foram analisados os teores de carboidratos solúveis, proteínas solúveis, prolina livre, clorofilas (a, b e totais) e carotenoides aos 40 e 80 dias após o início do estresse hídrico (DAE). Os resultados indicaram que o aumento no intervalo de irrigação reduziu significativamente os teores dos compostos analisados, evidenciando os efeitos negativos do estresse hídrico sobre o metabolismo e a atividade fotossintética da espécie. Ficou evidenciado que, apesar de sua resistência, *B. maritima* apresenta sensibilidade fisiológica ao déficit hídrico prolongado, sendo o manejo eficiente da irrigação fundamental para seu cultivo em regiões semiáridas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cultivo, estresse abiótico, Erva-sal.

## BIOCHEMICAL AND PHOTOSYNTHETIC RESPONSES OF *Batis maritima* UNDER WATER STRESS IN THE BRAZILIAN SEMIARID REGION

**ABSTRACT:** The increasing water scarcity in arid and semi-arid regions has intensified the search for plant species adapted to environments with low water availability. The halophyte

<sup>1</sup> Profa. Doutora, Secretaria Estadual de Educação e Cultura do Rio Grande do Norte, SEEC, Apodi, RN.

<sup>2</sup> Doutorando em Aquicultura, Universidade Federal do Rio Grande, Rua do Hotel, s/n; CEP 96210-030, Rio Grande, RS.  
Fone: (84) 998029119, e-mail: henriquejunior9999@gmail.com.

<sup>3</sup> Mestrado em Ciências Naturais, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, UERN, Mossoró, RN.

<sup>4</sup> Profa. Doutora, Departamento de Ciências Biológicas, UERN, Mossoró, RN.

*Batis maritima* shows promising agronomic potential, especially in areas affected by water deficit. This study aimed to evaluate the biochemical and photosynthetic responses of *B. maritima* subjected to different irrigation intervals. The experiment was conducted in a greenhouse using cuttings rooted in a substrate composed of sand, clay, and humus (1:1:1), under four irrigation regimes: daily, every 10, 20, and 40 days. The levels of soluble carbohydrates, soluble proteins, free proline, chlorophylls (a, b, and total), and carotenoids were analyzed at 40 and 80 days after the onset of water stress (DAE). The results indicated that increasing the irrigation interval significantly reduced the levels of the analyzed compounds, highlighting the negative effects of water stress on the species' metabolism and photosynthetic activity. It was evident that, despite its resilience, *B. maritima* exhibits physiological sensitivity to prolonged water deficit, making efficient irrigation management essential for its cultivation in semi-arid regions.

**KEYWORDS:** Cultivation, abiotic stress, saltwort.

## INTRODUÇÃO

A escassez hídrica configura-se como um fator limitante à produção vegetal em regiões áridas e semiáridas, comprometendo diversos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas (Naorem et al., 2023). O uso de espécies adaptadas a ambientes com baixa disponibilidade de água tem ganhado notoriedade na recuperação de áreas degradadas, por promoverem uma agricultura mais sustentável (Hasnain et al., 2023; Ozturk et al., 2023). Entre essas espécies, *Batis maritima*, uma halófito nativa de zonas costeiras tropicais e subtropicais, destaca-se por sua capacidade de crescimento em solos afetados pela deficiência hídrica, além de apresentar potencial forrageiro, fitorremediador e nutracêutico (Scopel et al., 2021).

Compreender as respostas fisiológicas e bioquímicas de *B. maritima* sob diferentes condições de manejo hídrico e edáfico é fundamental para otimizar seu cultivo e ampliar suas aplicações (Lopes et al., 2021). No entanto, ainda são escassos os estudos que avaliam os efeitos do estresse hídrico sobre essa espécie, especialmente no contexto do semiárido nordestino. Desse modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do estresse hídrico, por meio de diferentes intervalos de irrigação, sobre parâmetros bioquímicos e fotossintéticos de *B. maritima*, fornecendo informações para o aprimoramento de técnicas agrícolas em áreas com baixa disponibilidade de água.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido numa estufa da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Estacas de 15 cm foram coletadas a partir de plantas matrizes de *Batis maritima* L. em Areia Branca, Rio Grande do Norte (04°55'55.6"S; 37°05'58.6"W) e plantadas em substratos para estimular o enraizamento (areia + argila + húmus Polifértil®, 1:1:1). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos correspondendo aos intervalos de irrigação (I1: diária; I2: a cada 10 dias; I3: a cada 20 dias e; I4: a cada 40 dias), com 3 repetições. A água utilizada para irrigação foi proveniente da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN).

Aos 40 e 80 dias após o início do estresse hídrico (DAE), foram avaliados os parâmetros bioquímicos e fotossintéticos. A quantificação dos teores de carboidratos solúveis foi realizada segundo a metodologia de Dubois et al. (1956), utilizando 0,3 g de matéria foliar fresca e aplicando a equação  $Y = 0,0077x + 0,0325$ . Para a determinação de proteínas solúveis, seguiu-se o protocolo descrito por Stefanuto (2002), utilizando 0,1 g de folha seca e a equação  $Y = 0,5325x + 0,0111$ . A análise de prolina livre foi conduzida conforme Bates et al. (1973), utilizando 0,75 g de folhas frescas colhidas entre 8h e 9h da manhã. Para a quantificações dos pigmentos (carotenoides totais e clorofilas a, b e totais), foi utilizado 1,0 g de folhas frescas. As leituras foram feitas por espectrofotometria nos comprimentos de onda de 662, 646 e 470 nm.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguidas pelo teste de Tukey a 5% de significância, através do *software* ESTAT® da Universidade Estadual Paulista (UNESP).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e prolina livre reduziram-se progressivamente com o aumento do intervalo de irrigação, com quedas mais acentuadas aos 80 dias após o início do estresse. Aos 40 dias, I1 apresentou os maiores valores (3,357 mg g<sup>-1</sup> MF; 8,360 mg g<sup>-1</sup> MS; 37,394 μmol g<sup>-1</sup> MS), enquanto I4 registrou reduções de 80,4%, 67,8% e 83%, respectivamente. Aos 80 dias, as diminuições foram ainda mais expressivas, atingindo 91,7% para carboidratos, 97,3% para proteínas e 99% para prolina em I4, evidenciando o efeito cumulativo do déficit hídrico sobre o metabolismo osmoprotetor e proteico da espécie. (Tabela 1). A redução nos níveis de carboidratos solúveis pode ser atribuída ao fechamento dos

estômatos em plantas submetidas ao estresse hídrico, um mecanismo que visa minimizar a perda de água, mas que também limita a entrada de CO<sub>2</sub> atmosférico, comprometendo a fotossíntese e, conseqüentemente, a produção de fotoassimilados (Cruz et al., 2023).

**Tabela 1.** Análises bioquímicas de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e prolina livre em plantas de *B. maritima* aos 40 e 80 dias após estresse em diferentes intervalos de irrigação.

	Carboidratos solúveis (mg. g <sup>-1</sup> MF)		Proteínas solúveis (mg. g <sup>-1</sup> MS)		Prolina livre (μmol g <sup>-1</sup> MS)	
	40	80	40	80	40	80
	DAE	DAE	DAE	DAE	DAE	DAE
<b>I1</b>	3,357 <sup>a</sup>	2,693 <sup>a</sup>	8,360 <sup>a</sup>	8,271 <sup>a</sup>	37,394 <sup>a</sup>	21,998 <sup>a</sup>
<b>I2</b>	2,110 <sup>b</sup>	0,542 <sup>b</sup>	6,658 <sup>a</sup>	4,519 <sup>b</sup>	26,793 <sup>ab</sup>	15,489 <sup>a</sup>
<b>I3</b>	1,170 <sup>c</sup>	0,575 <sup>b</sup>	3,667 <sup>b</sup>	2,683 <sup>b</sup>	12,447 <sup>bc</sup>	3,798 <sup>b</sup>
<b>I4</b>	0,659 <sup>c</sup>	0,224 <sup>b</sup>	2,689 <sup>b</sup>	0,224 <sup>c</sup>	6,352 <sup>c</sup>	0,224 <sup>b</sup>

DAE: dias após estresse; I1: irrigação diária; I2: irrigação a cada 10 dias; I3: irrigação a cada 20 dias; I4: irrigação a cada 40 dias; MF: matéria fresca e; MS: matéria seca. Letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O estresse hídrico afeta diretamente o metabolismo do nitrogênio, resultando na redução dos níveis de proteínas e no acúmulo de aminoácidos (Ji et al., 2023). De acordo com Hajibarat & Saidi (2022), a degradação proteica em tecidos jovens pode ser induzida pelo aumento da atividade de proteases, enquanto, em tecidos maduros, observa-se uma tendência à síntese de proteínas associadas à proteção contra o estresse. No caso de *B. maritima*, Debez et al. (2010) observaram que a prolina não desempenhou papel relevante no ajuste osmótico, sendo o sódio (Na<sup>+</sup>) o principal responsável por essa função. No entanto, segundo Zulfıqar & Ashraf (2022), a prolina é considerada um soluto-chave na osmorregulação, especialmente em períodos curtos de estresse, atuando na proteção estrutural e funcional das células.

A presença de altos níveis de prolina nas plantas submetidas ao tratamento com irrigação diária pode estar relacionada à sua produção contínua em halófitas, como sugerido por Casasni et al. (2024). De maneira semelhante, os teores de clorofilas a, b, totais e carotenoides também apresentaram declínio com o aumento dos intervalos de irrigação (Tabela 2). Resultados semelhantes foram relatados por Oliveira et al. (2013), que observaram redução desses pigmentos em plantas jovens de graviola (*Annona muricata* L.) submetidas ao déficit hídrico por 40 dias. As clorofilas e carotenoides são indicadores do potencial fotossintético e estão diretamente associados à disponibilidade de nitrogênio. Em condições de salinidade, a redução desses pigmentos pode ser explicada pela ação da enzima clorofilase, responsável pela degradação da clorofila (Yang et al., 2023).

**Tabela 2.** Análises bioquímicas de clorofila a, clorofila b, clorofila totais e carotenoides em plantas de *B. maritima* aos 80 dias após estresse em diferentes intervalos de irrigação.

	<b>Clorofila a</b> ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{MF}$ )	<b>Clorofila b</b> ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{MF}$ )	<b>Clorofilas totais</b> ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{MF}$ )	<b>Carotenoides</b> ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{MF}$ )
	80	80	80	80
	DAE	DAE	DAE	DAE
<b>I1</b>	2,007 <sup>a</sup>	1,401 <sup>a</sup>	2,441 <sup>a</sup>	1,110 <sup>a</sup>
<b>I2</b>	1,461 <sup>a</sup>	1,085 <sup>a</sup>	1,784 <sup>a</sup>	0,803 <sup>a</sup>
<b>I3</b>	0,495 <sup>b</sup>	0,417 <sup>b</sup>	0,575 <sup>b</sup>	0,331 <sup>b</sup>
<b>I4</b>	0,224 <sup>b</sup>	0,224 <sup>b</sup>	0,224 <sup>b</sup>	0,224 <sup>b</sup>

DAE: dias após estresse; I1: irrigação diária; I2: irrigação a cada 10 dias; I3: irrigação a cada 20 dias; I4: irrigação a cada 40 dias; MF: matéria fresca e; MS: matéria seca. Letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÕES

O estresse hídrico, intensificado pelo aumento dos intervalos de irrigação, comprometeu significativamente os parâmetros bioquímicos e os pigmentos fotossintéticos em *B. maritima*, mesmo sendo uma espécie halófito adaptada a condições adversas. Dessa forma, o manejo adequado da irrigação torna-se essencial para garantir o desempenho fisiológico da espécie e explorar seu potencial como planta estratégica para a agricultura no semiárido.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical – INCTAgriS (CNPq/Funcap/Capes) pelo apoio financeiro e institucional para a realização deste estudo, por meio dos processos nº 406570/2022-1 (CNPq) e nº INCT-35960-62747.65.95/51 (Funcap). Agradecemos também ao V Simpósio Brasileiro de Salinidade e Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical (V SBS-AgriS) por todo o suporte necessários para a divulgação e fortalecimento desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATES, L. S.; WALDREN, R. P. TEARE, I. D. RAPID DETERMINATION OF FREE PROLINE FOR WATER-STRESS STUDIES. **PLANT AND SOIL**, V. 39, P. 205-207, 1973.

CASASNI, L.; CHAOUIA, C.; MARTÍNEZ, J.; QUINET, M.; LUTTS, S. DROUGHT-AND-SALT-TOLERANT POPULATIONS OF THE XERO-HALOPHYTE MEDITERRANEAN SHRUB *ATRIPLEX HALIMUS* L. EXHIBIT CONTRASTING PROLINE AND GLYCINEBETAINE METABOLISM. **JOURNAL OF PLANT GROWTH REGULATION**, V. 44, N. 5, P. 2445-2465, 18 NOV. 2024.

CRUZ, N. T.; PORTO, E. M. V.; RAMOS, B. L. P.; SANTOS, H. P.; SEIXAS, A. A.; SANTOS, A. P. S. ESTRESSE HÍDRICO EM PLANTAS FORRAGEIRAS: UMA BREVE REVISÃO. **REVISTA CIENTÍFICA RURAL**, V. 25, N. 1, P. 221-238, 2023. [HTTP://DX.DOI.ORG/10.29327/246831.25.1-14](http://dx.doi.org/10.29327/246831.25.1-14).

DEBEZ, A.; SAADAoui, D.; SLAMA, I.; HUCHZERMAYER, B.; ABDELly, C. RESPONSES OF *BATIS MARITIMA* PLANTS CHALLENGED WITH UP TO TWO-FOLD SEAWATER NaCl SALINITY. **JOURNAL OF PLANT NUTRITION AND SOIL SCIENCE**, V. 173, P. 291–299, 2010.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. COLORIMETRIC METHOD FOR DETERMINATION OF SUGAR AND RELATED SUBSTANCES. **ANALYTICAL CHEMISTRY**, V. 28, P. 350-356, 1956.

HAJIBARAT, Z.; SAIDI, A. SENESCENCE-ASSOCIATED PROTEINS AND NITROGEN REMOBILIZATION IN GRAIN FILLING UNDER DROUGHT STRESS CONDITION. **JOURNAL OF GENETIC ENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY**, V. 20, N. 1, P. 101, DEZ. 2022. [HTTP://DX.DOI.ORG/10.1186/S43141-022-00378-5](http://dx.doi.org/10.1186/S43141-022-00378-5).

HASNAIN, M.; ABIDEEN, Z.; ALI, F.; HASANUZZAMAN, M.; EL-KEBLAWY, A. POTENTIAL OF HALOPHYTES AS SUSTAINABLE FODDER PRODUCTION BY USING SALINE RESOURCES: A REVIEW OF CURRENT KNOWLEDGE AND FUTURE DIRECTIONS. **PLANTS**, V. 12, N. 11, P. 2150, 29 MAIO 2023. [HTTP://DX.DOI.ORG/10.3390/PLANTS12112150](http://dx.doi.org/10.3390/PLANTS12112150).

JI, Y.; YUE, L.; CAO, X.; CHEN, F.; LI, J.; ZHANG, J.; WANG, C.; WANG, Z.; XING, B. CARBON DOTS PROMOTED SOYBEAN PHOTOSYNTHESIS AND AMINO ACID BIOSYNTHESIS UNDER DROUGHT STRESS: REACTIVE OXYGEN SPECIES SCAVENGING AND NITROGEN METABOLISM. **SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT**, V. 856, P. 159125, JAN. 2023. [HTTP://DX.DOI.ORG/10.1016/J.SCITOTENV.2022.159125](http://dx.doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.159125).

LOPES, M.; SANCHES-SILVA, A.; CASTILHO, M.; CAVALEIRO, C.; RAMOS, F. HALOPHYTES AS SOURCE OF BIOACTIVE PHENOLIC COMPOUNDS AND THEIR POTENTIAL APPLICATIONS. **CRITICAL REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND NUTRITION**, V. 63, N. 8, P. 1078-1101, 2 AGO. 2021. [HTTP://DX.DOI.ORG/10.1080/10408398.2021.1959295](http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2021.1959295).

NAOREM, A.; JAYARAMAN, S.; DANG, Y. P.; DALAL, R. C.; SINHA, N. K.; RAO, C. S.; PATRA, A. K. SOIL CONSTRAINTS IN AN ARID ENVIRONMENT - CHALLENGES, PROSPECTS, AND IMPLICATIONS. **AGRONOMY**, V. 13, N. 1, P. 220, 11 JAN. 2023. [HTTP://DX.DOI.ORG/10.3390/AGRONOMY13010220](http://dx.doi.org/10.3390/AGRONOMY13010220).

OLIVEIRA, L. M.; SILVA, J. N.; COELHO, C. C. R.; NEVES, M. G.; SILVA, R. T. L.; OLIVEIRA NETO, C. F. PIGMENTOS FOTOSSINTETIZANTES, AMINOÁCIDOS E PROTEÍNAS EM PLANTAS JOVENS DE GRAVIOLA SUBMETIDA AO DÉFICIT HÍDRICO. **AGROECOSSISTEMAS**, V. 5, N. 1, P. 39-44, 2013.

OZTURK, M.; ALTAY, V.; NAZISH, M.; AHMAD, M.; ZAFAR, M. ETHNIC ASPECTS OF HALOPHYTES AND IMPORTANCE IN THE ECONOMY. **HALOPHYTE PLANT DIVERSITY AND PUBLIC HEALTH**, P. 173-197, 2023. [HTTP://DX.DOI.ORG/10.1007/978-3-031-21944-3\\_4](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-21944-3_4).

SCOPEL, B. R.; MIRANDA, P. H. O.; SILVA, R. S.; ALVES, J. V. O.; VERAS, B. O.; AMORIM, L. C.; ROSA, M. M.; BARBOSA, J. I. S.; MELO, M. R. C. S.; BEZERRA, R. S. ATIVIDADES BIOLÓGICAS E PERFIL QUÍMICO DE *BATIS MARITIMA* (BATAACEAE), UMA ESPÉCIE HALÓFITO COM POTENCIAL PARA BIOPROSPECÇÃO. **RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT**, V. 10, N. 16, P. 391101623726, 14 DEZ. 2021. [HTTP://DX.DOI.ORG/10.33448/RSD-V10I16.23726](http://dx.doi.org/10.33448/RSD-V10I16.23726).

STEFANUTO, V. A. EFEITO DO CÁLCIO NA HOMEOSTASE DE BROTAÇÕES DE UM CLONE DE *EUCALYPTUS GRANDIS HILL* (EXMAIDEN) SOB CONDIÇÕES DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA INDUZIDA IN VITRO. 2002. 65 P. DISSERTAÇÃO (MESTRADO). ESCOLA SUPERIOR “LUIZ DE QUEIROZ”, PIRACICABA.

YANG, Z.; TAN, S.; YANG, Q.; CHEN, S.; QI, C.; LIU, X.; LIANG, J.; WANG, H. NITROGEN APPLICATION ALLEVIATES IMPAIRMENTS FOR *JATROPHA CURCAS* L. SEEDLING GROWTH UNDER SALINITY STRESS BY REGULATING PHOTOSYNTHESIS AND ANTIOXIDANT ENZYME ACTIVITY. **AGRONOMY**, V. 13, N. 7, P. 1749, 28 JUN. 2023. [HTTP://DX.DOI.ORG/10.3390/AGRONOMY13071749](http://dx.doi.org/10.3390/AGRONOMY13071749).

ZULFIQAR, F.; ASHRAF, M. PROLINE ALLEVIATES ABIOTIC STRESS INDUCED OXIDATIVE STRESS IN PLANTS. **JOURNAL OF PLANT GROWTH REGULATION**, V. 42, N. 8, P. 4629-4651, 23 OUT. 2022. [HTTP://DX.DOI.ORG/10.1007/S00344-022-10839-3](http://dx.doi.org/10.1007/s00344-022-10839-3).