

## SILÍCIO E METIONINA MITIGAM O ESTRESSE HÍDRICO EM FEIJÃO-CAUPI

Priscylla Marques de Oliveira Viana<sup>1</sup>, Guilherme Felix Dias<sup>2</sup>, Yngrid Mikhaelly Lourenço de Araujo<sup>3</sup>,  
Leticia Diniz Ribeiro<sup>3</sup>, Agda Malany Forte de Oliveira<sup>4</sup>, Alberto Soares de Melo<sup>5</sup>

**RESUMO:** O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) apresenta adaptação a estresses abióticos, porém a restrição hídrica pode comprometer seu desenvolvimento. O silício (Si) e a metionina (MET) destacam-se como potenciais mitigadores desse estresse. Este estudo avaliou a eficácia da pulverização foliar de Si e MET, isolados e em combinação, na mitigação dos danos do déficit hídrico em feijão-caupi. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), esquema fatorial 2×4, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído por dois períodos: Período de estresse (Restrição da irrigação durante 10 dias) e reidratação (retorno da irrigação durante 2 dias). O segundo fator compreendeu os tratamentos: Controle, Si (300 mg L<sup>-1</sup> Si); MET (890 mg L<sup>-1</sup> de MET) e Si + MET (300 mg L<sup>-1</sup> de Si + 890 mg L<sup>-1</sup> de MET). Avaliaram-se teor de prolina, o conteúdo relativo de água (CRA) e vazamento de eletrólitos (VE). As aplicações isoladas e combinadas reduziram os efeitos do estresse hídrico, elevando prolina, VE e CRA. Assim, o uso de Si e MET é promissor para a produção de feijão-caupi em regiões de seca e chuvas irregulares, contribuindo para a segurança alimentar.

**PALAVRAS-CHAVE:** restrição hídrica, elicitores, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

## SILICON AND METHIONINE MITIGATE WATER STRESS IN COWPEA

**ABSTRACT:** Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) is adaptable to abiotic stresses, but water restriction can compromise its development. Silicon (Si) and methionine (MET) stand out as

<sup>1</sup> Doutoranda, Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, CEP: 58109-753, Campina Grande – PB, (83) 986150417, pri.viana.marques@gmail.com

<sup>2</sup> Doutorando, Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, CEP: 58109-753, Campina Grande – PB.

<sup>3</sup> Graduanda, Depto. Biologia, Universidade Estadual da Paraíba, CEP: 58109-753, Campina Grande – PB.

<sup>4</sup> Pós-doutoranda, Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, CEP: 58109-753, Campina Grande – PB.

<sup>5</sup> Prof. Doutor, Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, CEP: 58109-753, Campina Grande – PB.

potential mitigators of this stress. This study evaluated the efficacy of foliar sprays of Si and MET, alone and in combination, in mitigating water deficit damage in cowpea. The experiment was conducted in a completely randomized design (CRD), with a  $2 \times 4$  factorial arrangement, with four replicates. The first factor consisted of two periods: stress period (irrigation restriction for 10 days) and rehydration (resumption of irrigation for 2 days). The second factor comprised the treatments: Control, Si ( $300 \text{ mg L}^{-1}$  Si); MET ( $890 \text{ mg L}^{-1}$  MET); and Si + MET ( $300 \text{ mg L}^{-1}$  Si +  $890 \text{ mg L}^{-1}$  MET). Proline content, relative water content (RWC), and electrolyte leakage (EL) were evaluated. Isolated and combined applications reduced the effects of water stress, increasing proline, EL, and RWC. Thus, the use of Si and MET is promising for cowpea production in regions with drought and irregular rainfall, contributing to food security.

**KEYWORDS:** water restriction, elicitors, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

## INTRODUÇÃO

O déficit hídrico é um dos fatores abióticos mais recorrentes e impactantes no desenvolvimento vegetal, sendo responsável por limitar o crescimento e a produtividade das plantas intensificando os desafios enfrentados pela agricultura (Soares et al., 2025). Deste modo, apesar dos desafios de cultivar em condições de restrição hídrica, o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) destaca-se como uma leguminosa moderadamente tolerante ao estresse hídrico, apresentando potencial para a segurança alimentar, nutricional e geração de renda, além de servir como fonte para alimentação animal (Oliveira et al., 2023; Santos et al., 2023).

Apesar de apresentar certa resistência à restrição hídrica, o feijão-caupi enfrenta limitações em seu cultivo em áreas onde possui escassez de água (Cavalcante et al., 2025). Logo, a aplicação de silício e metionina emerge como uma estratégia promissora para induzir a tolerância do feijão-caupi ao estresse por restrição hídrica, viabilizando seu cultivo em regiões de seca.

O uso do silício tem se mostrado uma alternativa eficaz para o fortalecimento das plantas, ajudando-as a enfrentar diferentes tipos de estresses, sejam eles bióticos, pragas e doenças, ou abióticos, déficit hídrico ou salino (Yan et al., 2024). Quanto a metionina contribui para a tolerância ao estresse hídrico ao potencializar a atividade de enzimas antioxidantes, além de elevar os níveis de prolina e pigmentos relacionados a fotossíntese (Merwad et al., 2018).

Essa abordagem pode ser fundamental para fortalecer a produção de feijão-caupi em face dos desafios ambientais e econômicos (Melo et al., 2022). Nesse contexto, objetivou-se avaliar

a eficácia da pulverização foliar de silício e metionina, isoladamente e em combinação, para mitigação dos danos do estresse hídrico em feijão-caupi.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente à Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), campus II, em Lagoa Seca, Paraíba (7° 09' 17'' de latitude sul, 35° 52' 16'' longitude Oeste) a uma altitude de 652 metros. O estudo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2×4, com quatro repetições, totalizando 16 unidades experimentais, onde, cada unidade foi constituída de um vaso com quatro plantas.

O primeiro fator constituído por dois períodos: Período de estresse (Restrição da irrigação durante 10 dias) e período de reidratação (Retorno da irrigação durante 2 dias). O segundo fator referente as aplicações dos elicitores: Controle, aplicação de silício (300 mg L<sup>-1</sup> Si); aplicação de Metionina (890 mg L<sup>-1</sup> de MET) e sua respectiva combinação, silício e metionina (300 mg L<sup>-1</sup> de Si + 890 mg L<sup>-1</sup> de MET). As concentrações de Si e MET foram definidas a partir dos estudos de Araújo et al. (2023) e Oliveira et al. (2023), respectivamente. Foram utilizadas sementes de feijão-caupi “BRS Verdejante”, procedeu-se a semeadura de cinco sementes em vasos de polietileno de 3,6 L, preenchidos com 3,7 kg de solo seco e uma fina camada de brita na base.

Após, foi realizado a saturação dos mesmos com água, com o intuito de se obter um substrato próximo da capacidade de campo. A irrigação foi realizada diariamente pelo método de pesagens proposto por Silva et al. (2020), com adaptações. Em que foi reposta a água evapotranspiração no dia que antecedeu cada evento de irrigação. Para tanto, o substrato foi saturado com água correspondente a 75% (v/m) da massa do substrato.

Transcorridos 20 dias após semeadura, intercorreu a aplicação dos tratamentos, onde, foram aplicados via foliar com pulverizador manual de 2 L, de compressão previa da marca Dasshaus, a aplicação foi realizada até ponto de escorrimento nas folhas, para melhor aderência dos elicitores utilizou-se espalhante Adesivo Wil Fix<sup>®</sup>, seguindo as instruções do fabricante.

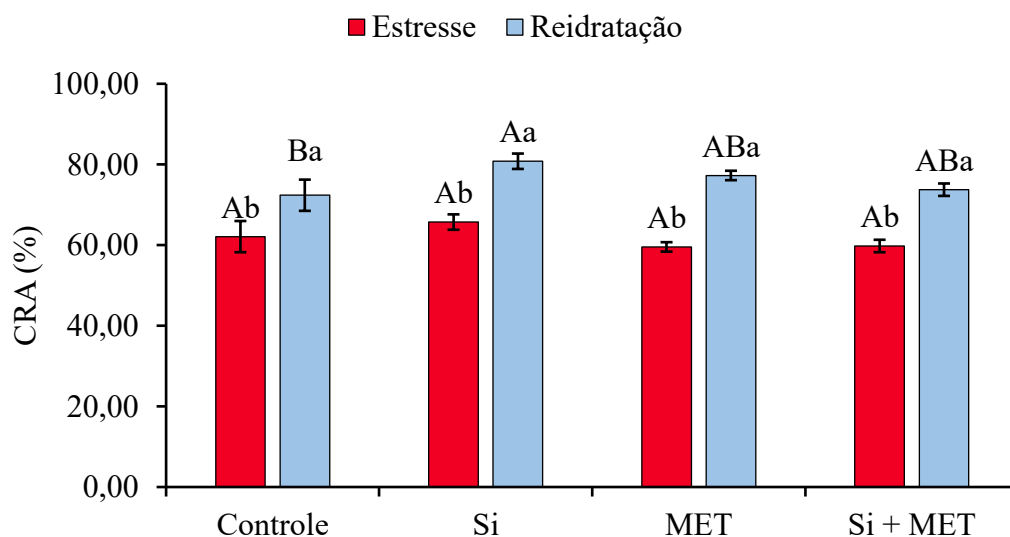
Seguida a aplicação dos tratamentos, todos os vasos foram submetidos a restrição da irrigação, decorridos 10 dias da aplicação dos tratamentos efetuou-se a primeira coleta, posteriormente, os vasos retornaram a receber irrigação normalmente durante 2 dias, e procedeu-se a segunda e última coleta. Nas duas coletas as plantas se encontravam em transição

da fase fenológica V4 a V5, e foram avaliados o teor de prolina (PRO), o conteúdo relativo de água (CRA) e de vazamento de eletrólitos (VE).

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F até  $p \leq 0,05$ ), seguidos pelo teste de pares independentes (*t-student*,  $p < 0,05$ ) para os dois períodos, antes e depois da reidratação, e os tratamentos pelo teste de comparação de médias (Tukey,  $p \leq 0,05$ ), utilizando o software computacional SISVAR v. 5.6 (Ferreira, 2019).

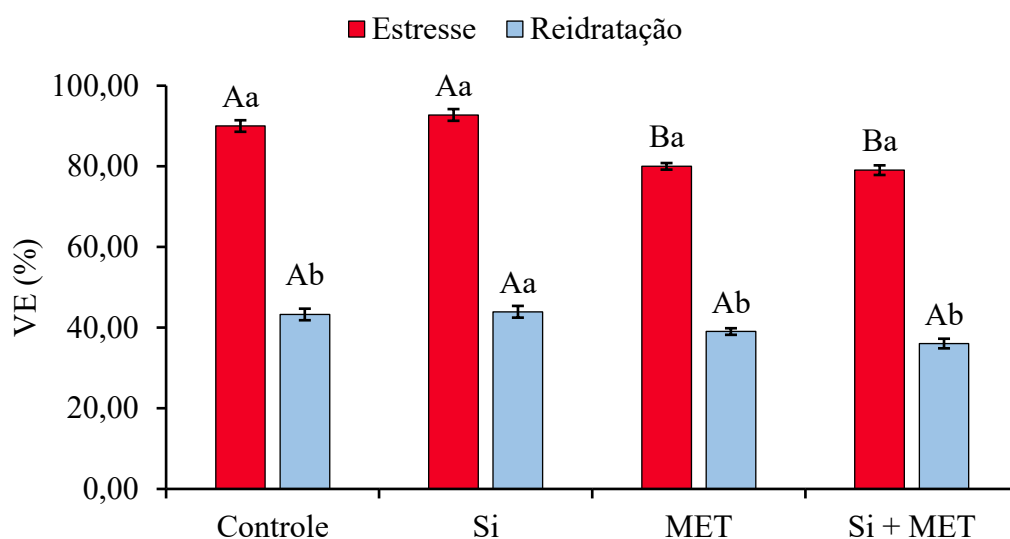
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando avaliado o conteúdo relativo de água (CRA) não apresentou diferença significativa nos tratamentos de estresse e reidratação, no entanto, quando avaliado entre os período de estresse e reidratação, observou-se que após reidratação se destaca uma melhor recuperação das plantas tratadas com Si, MET e sua respectiva combinação com incrementos de 22,95; 29,74 e 23,35% respectivamente (Figura 1). Esses resultados se devem aos efeitos do MET e Si proporcionarem aumento no potencial hídrico da planta, devido à função dos elicitores ao favorecer a produção de moléculas que atuam no ajustamento osmótico, estabilizando os *status* hídrico foliar (Oliveira et al., 2023).



**Figura 1.** Conteúdo relativo de água (CRA) em plantas de feijão-caupi “BRS Verdejante” sob restrição hídrica e reidratação, e aplicações de Silício (Si), metionina (MET) e a combinação Silício + Metionina (Si + MET). Letras maiúsculas diferenciam as os tratamentos (Tukey  $p < 0,05$ ). E letras minúsculas diferenciam os períodos de estresse e reidratação (*t-student*  $p < 0,05$ ).

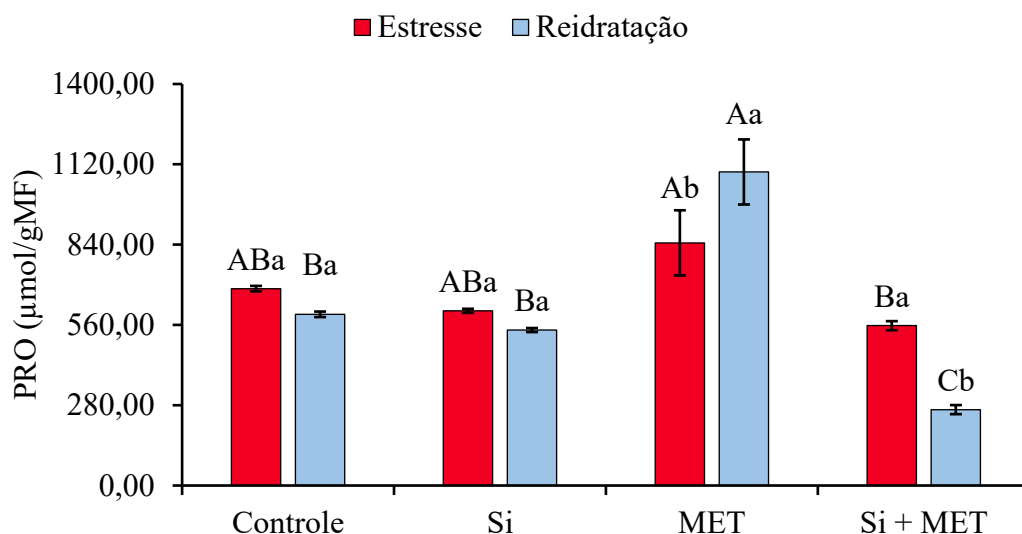
O vazamento de eletrólitos (VE), reflete os danos nas membranas de forma indireta, no presente estudo, houve diferença nos tratamentos após reidratação quando comparado sob condições de estresse, os tratamentos com MET isolada e sua combinação com silício obtiveram redução dessa variável, equivalentes a diminuições de 11,11 e 12,16%, respectivamente (Figura 2). As plantas são capazes de recuperar a integridade das membranas e reduzir o vazamento de eletrólitos após a reidratação, entretanto, quando não ocorre e o teor de vazamento de eletrólitos permanece alto pode sinalizar que os danos às membranas foram permanentes (Wang et al., 2019).



**Figura 2.** Vazamento de eletrólitos (VE) em plantas de feijão-caupi “BRS Verdejante” sob restrição hídrica e reidratação, e aplicações de Silício (Si), metionina (MET) e a combinação Silício + Metionina (Si + MET). Letras maiúsculas diferenciam as os tratamentos (Tukey  $p < 0,05$ ). E letras minúsculas diferenciam os períodos de estresse e reidratação ( $t$ -student  $p < 0,05$ ).

O teor de prolina (PRO) aumentou significativamente com a aplicação de metionina (MET) no período de estresse, bem como após sua reidratação, sendo este incremento de 29,20% quando comparado o antes e depois da recuperação dentro do tratamento com MET (Figura 3).

O incremento significativo de prolina em plantas de feijão-caupi em resposta ao estresse por déficit hídrico indica a ação osmorreguladora deste osmólito sob condições desfavoráveis, mantendo assim o bom funcionamento das relações hídricas. Isto ajudou as plantas a terem um melhor desempenho em termos da ação antioxidante, estabilizando os danos nas membranas e proteínas, destaca-se a ação da MET neste resultado, haja vista que o mesmo pode incorporar-se a proteínas contribuindo assim para estabelecimento das plantas sob condições de estresse (Merward et al., 2018).



**Figura 3.** Prolina (PRO) em plantas de feijão-caupi “BRS Verdejante” sob restrição hídrica e reidratação, e aplicações de Silício (Si), metionina (MET) e a combinação Silício + Metionina (Si + MET). Letras maiúsculas diferenciam as os tratamentos (Tukey  $p < 0,05$ ). E letras minúsculas diferenciam os períodos de estresse e reidratação (*t-student*  $p < 0,05$ ).

## CONCLUSÕES

O estresse hídrico ocasionou em danos na planta de feijão-caupi “BRS Verdejante” refletido em aumento no vazamento de eletrólitos e redução no conteúdo relativo de água. No entanto, a aplicação de silício, metionina e a combinação dos dois elicitores mitigou os efeitos da restrição hídrica ao promover melhorias significativas nos teores de prolina, vazamento de eletrólitos e o conteúdo relativo de água.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código financeiro 001. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de auxílio financeiro (Proc. 408952/2021-0 e 307559/2022-0), Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (Fapesq/PB) (Edital FapesqPB/CNPq no. 77/2022), Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical (INCTAgris), a Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), e ao Laboratório de Ecofisiologia de Plantas Cultivadas (Ecolab).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, Edilene Daniel Araújo et al. Improvement of Silicon-Induced Tolerance to Water Stress Is Dependent on Genotype Sensitivity and Phenological Stage. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 23, n. 2, p. 1648-1659, 2023.
- CAVALCANTE, Igor Eneas et al. Water status, cell integrity, and growth of cowpea plants under water restriction and salicylic acid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 29, n.5, p. e283012, 2025.
- FERREIRA, Daniel Furtado. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- MELO, Alberto Soares. Water restriction in cowpea plants [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]: metabolic changes and tolerance induction. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 190- 197, 2022.
- MERWARD, Abdel Rahman et al. Response of water deficit-stressed *Vigna unguiculata* performances to silicon, proline or methionine foliar application. **Scientia Horticulturae**, v. 228, p.132–144, 2018.
- OLIVEIRA, Auta Paulina Silva et al. Osmoregulatory and antioxidants modulation by salicylic acid and methionine in cowpea plants under the water restriction. **Plants**, v. 12, n. 6, p. 1341, 2023.
- OLIVEIRA, Pedro Ramon Holanda et al. Desempenho agrônomico de cultivares de caupi inoculadas com rizóbio no semiárido brasileiro. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 4, 2023.
- SANTOS, Mirella Pupo et al. Variabilities in water deficit tolerance among cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) genotypes. **South African Journal of Botany**, v. 163, p. 552-560, 2023.
- SILVA, Alexandre Eugênio et al. Microclimate changes, photomorphogenesis, and water consumption by *Moringa oleifera* cuttings under light spectrum variations and exogenous phytohormones concentrations. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, p. 751-760, 2020
- SOARES, Eneida Alice Colares Correa et al. Growth and gas exchange of green manure plants under water stress. **Scientia Plena**, v. 21, p. 1-12, n. 4, 2025.
- YAN, Guochao et al. Silicon nanoparticles in sustainable agriculture: synthesis, absorption, and plant stress alleviation. **Frontiers in Plant Science**, v.15, n.1393458, 2024.

WANG, Zhili et al. From phenotyping to genetic mapping: identifying water-stress adaptations in legume root traits. **BMC Plant Biology**, v. 24,p. 749, n. 1, 2024.