

SILÍCIO ATENUA OS EFEITOS DA RESTRIÇÃO HÍDRICA EM PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DO FEIJÃO-CAUPI

Priscylla Marques de Oliveira Viana¹, Guilherme Felix Dias², Semako Ibrahim Bonou³, Igor Eneas Cavalcante⁴, Francisco Vanies da Silva Sá⁵, Alberto Soares de Melo⁶

RESUMO: A restrição hídrica se expressa como um dos principais fatores que comprometem as plantas, contudo, o silício se destaca como um aliado para mitigar os efeitos negativos desse tipo de estresse. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de silício na mitigação do estresse hídrico em feijão-caupi, avaliando os parâmetros de crescimento, status hídrico e das membranas da planta. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizado em esquema fatorial 2 x 2, constituído por duas lâminas de irrigação (50% e 100% de reposição hídrica) e com e sem silício (0 e 300 mg/L de Si), com três repetições. Com base nos resultados obtidos, o silício mitigou o efeito do estresse hídrico promovendo melhorias significativas na área foliar, razão da área foliar e razão da massa foliar, além de influenciar no teor de conteúdo relativo de água e vazamento de eletrólitos. O uso do silício é uma estratégia promissora para cultivo de feijão-caupi sob as condições de estresse hídrico.

PALAVRAS-CHAVE: restrição hídrica, estresse abiótico, “BRS Verdejante”

SILICON ATTENUATES THE EFFECTS OF WATER RESTRICTION ON COWPEA GROWTH PARAMETERS

ABSTRACT: Water restriction is one of the main factors that compromise plants; however, silicon stands out as an ally to mitigate the negative effects of this type of stress. Therefore, this

¹ 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.

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

³ Doutorando, Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, CEP: 58051-900, Campina Grande – PB

⁴ Doutorando, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, CEP: 58397-000, Areia – PB.

⁵ Prof. Doutor, Depto. Ciências Agrárias e Exatas, Universidade Estadual da Paraíba, CEP: 58429-500, Catolé do Rocha – PB.

⁶ Prof. Doutor, Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, CEP: 58109-753, Campina Grande – PB.

study aimed to evaluate the impact of silicon application in mitigating water stress in cowpea, evaluating the parameters of growth, water status, and plant membranes. The experiment was conducted in a randomized block design in a 2 x 2 factorial scheme, consisting of two irrigation depths (50% and 100% water replacement) and with and without silicon (0 and 300 mg/L of Si), with three replicates. Based on the results obtained, silicon mitigated the effect of water stress, promoting significant improvements in leaf area, leaf area ratio, and leaf mass ratio, and influencing the relative water content and electrolyte leakage. Silicon is a promising strategy for cowpea cultivation under water stress conditions.

KEYWORDS: Water restriction. Abiotic stress. “BRS Verdejante”

INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro, especialmente a região semiárida é caracterizado por altas taxas de evapotranspiração e baixa precipitação, esses fatores, associado ao crescimento exponencial populacional, tem intensificado os desafios enfrentados pela agricultura, uma vez que a deficiência hídrica restringe a assimilação líquida de carbono, limitando o desenvolvimento e consequentemente a diminuição na produtividade das plantas nessa região (Melo et al., 2022; Cavalcante et al., 2024).

Dentre as espécies cultivadas nessa região, destaca-se o feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] uma leguminosa com alto valor proteico, essencial para a segurança alimentar, ambiental e econômica da região, considerado como cultura de subsistência (Alencar et al., 2024). Embora o feijão-caupi seja considerado uma espécie que pode suportar condições de seca, seu cultivo e produção são limitados em regiões com distribuição irregular de chuvas (Cavalcante et al., 2025).

Nesse contexto, surge a necessidade do uso de novas tecnologias que melhorem a tolerância e aumentem a sua produção em condições adversas. O uso de substâncias elicitoras, como o silício (Si) pode ser uma opção para atenuação dos efeitos do déficit hídrico nas plantas, tais como aumentar a eficiência do uso da água, promover melhorias nas vias metabólicas, resultando em adaptações às mudanças.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo, em área agrícola pertencente ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA), Campus II da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Lagoa Seca - PB, cujas coordenadas geográficas: latitude 7° 09'S; longitude 35° 52'W e altitude de 634 m.

O experimento foi desenvolvido em delineamento em blocos casualizado, em esquema fatorial constituído por duas lâminas de irrigação (50% e 100% de reposição hídrica), e com e sem silício (0 e 300 mg/L de Si) com três repetições. As parcelas apresentavam 2 m de largura e 3 m de comprimento, com cinco linhas de irrigação contendo 10 plantas cada.

As sementes de feijão-caupi “BRS Verdejante” foram submetidas a uma triagem eliminando-se aquelas que continham danos físicos, biológicos e/ou má formação. Após a triagem, foram transferidas e armazenadas para posterior semeadura.

A área experimental foi irrigada com o intuito de deixar o solo próximo a condição de capacidade de campo no dia da semeadura, a qual foi realizada manualmente, adicionando-se uma semente por cova com profundidade de aproximadamente 3cm, cujo espaçamento foi de 10 cm entre as covas e 0,7 m entre as linhas.

As irrigações foram realizadas diariamente no período das 7:00 às 8:00h da manhã, através de método localizado, utilizando-se de um sistema por gotejamento composto por fitas gotejadoras de 20 metros de comprimento, espessura da parede de 0,2 mm, diâmetro interno de 16 mm, e emissores autocompensantes com vazão de 1,8 L hora⁻¹, espaçados a cada 10 cm entre emissores e 0,7 m entre linhas.

A irrigação foi manejada diariamente com base na evapotranspiração de referência (ET_o), obtida por meio da evaporação de um Tanque Classe A, instalado nas proximidades da área experimental. A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi calculada a partir da ET_o e do coeficiente de cultura (K_c) correspondente a cada estágio fenológico (Mendonça et al., 2015). Por fim, o tempo de irrigação diário foi determinado utilizando a equação proposta por Mantovani et al. (2006).

No estágio da prefloração foram avaliados o conteúdo relativo de água (CRA), extravasamento de eletrólitos (EE), razão de área foliar (RAF), razão de massa foliar (RMF), área foliar (AF) e área foliar específica (AFE).

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F até 5% de probabilidade), seguidos pelo teste t de Student ($P \leq 0,05$), utilizando-se do software computacional SISVAR 5.6 (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conteúdo relativo de água (CRA) foi influenciado significativamente pelos tratamentos de forma isolada ($p < 0,05$) (Figura 1). Nesse caso, ao observar o CRA percebe-se que o efeito da restrição hídrica nas plantas foi atenuado pela presença do silício, equivalente a um incremento de 10,57%, efeito benéfico que também pode ser constatado na ausência de estresse com incremento de 9,80% no CRA das plantas que receberam o Si quando comparado ao tratamento controle (Figura 1).

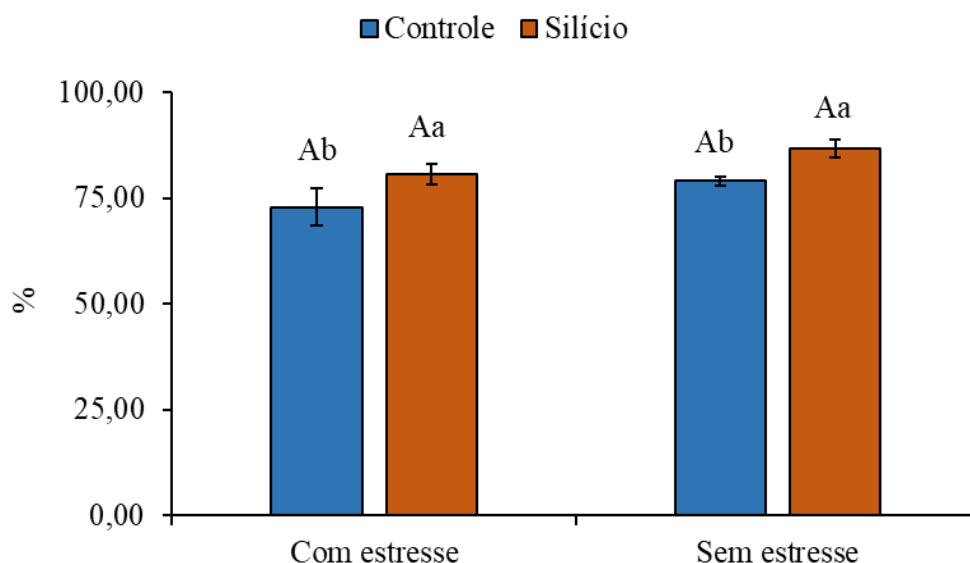


Figura 1. Conteúdo relativo de água (CRA). Letras maiúsculas diferenciam as lâminas hídricas (com estresse e sem estresse) de um mesmo tratamento e letras minúsculas diferenciam os tratamentos (controle e silício) entre as diferentes condições hídricas (*t-student* $P \leq 0,05$).

O vazamento de eletrólitos (VE) também foi influenciado significativamente pelas lâminas e concentrações de Si ($p < 0,05$) (Figura 2). Nesse caso, verifica-se que as plantas sob estresse apresentaram um incremento de 59,99% quando comparado as plantas sem estresse, além disso houve incremento de 66,67% nas plantas com estresse e silício quando comparado as plantas sem estresse e silício (Figura 2). Contudo, nota-se que o vazamento de eletrólitos foi reduzido com a presença de silício nas lâminas com estresse hídrico (20,03%) e sem estresse hídrico (25,04%), quando comparado as plantas que não receberam Si nas duas condições hídricas (Figura 2).

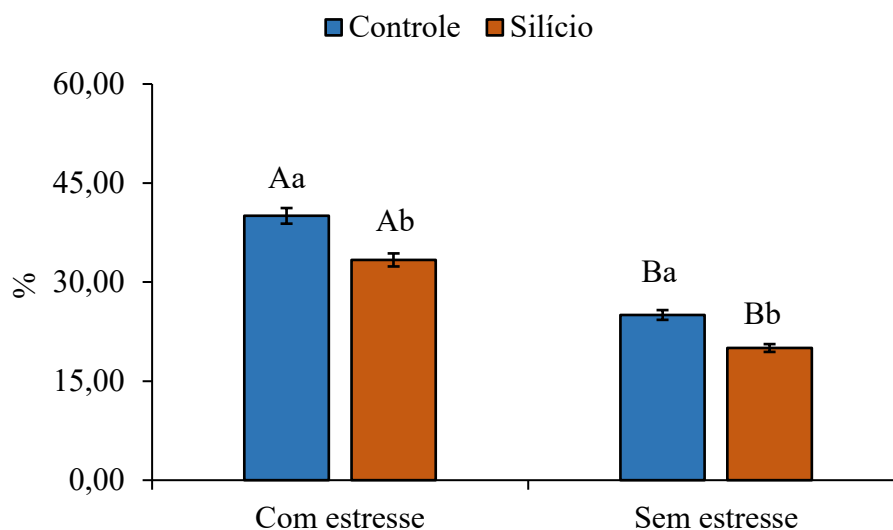


Figura 2. Vazamento de eletrólitos (VE). Letras maiúsculas diferenciam as lâminas hídricas (com estresse e sem estresse) de um mesmo tratamento e letras minúsculas diferenciam os tratamentos (controle e silício) entre as diferentes condição hídrica (*t-student* $P \leq 0,05$).

Tais resultados (Figura 1 e 2) podem ser justificados pelo fato de as plantas fecharem os seus estômatos em condições de restrição hídrica para evitar a perda de água, o que compromete a fotossíntese e elevar o número de espécies reativas de oxigênio (ERRO's) no metabolismo, as quais podem danificar as membranas celulares (Bezerra et al., 2022).

A área foliar (AF) apresentou interação significativa das lâminas e das concentrações de Si ($p < 0,01$) (Figura 3).

Sob estresse hídrico e ausência de silício, observa-se uma redução de 17,26% da AF do feijão-caupi “BRS Verdejante” em comparação com as plantas que não sofreram restrição hídrica, entretanto, destaca que não se observa diferença de AF entre as lâminas de irrigação nas plantas que receberam o Si como atenuante. Nesse caso, destaca-se que, na condição de estresse, as plantas submetidas a 300 mg L^{-1} de Si apresentaram incremento de 20,61% na AF (Figura 3).

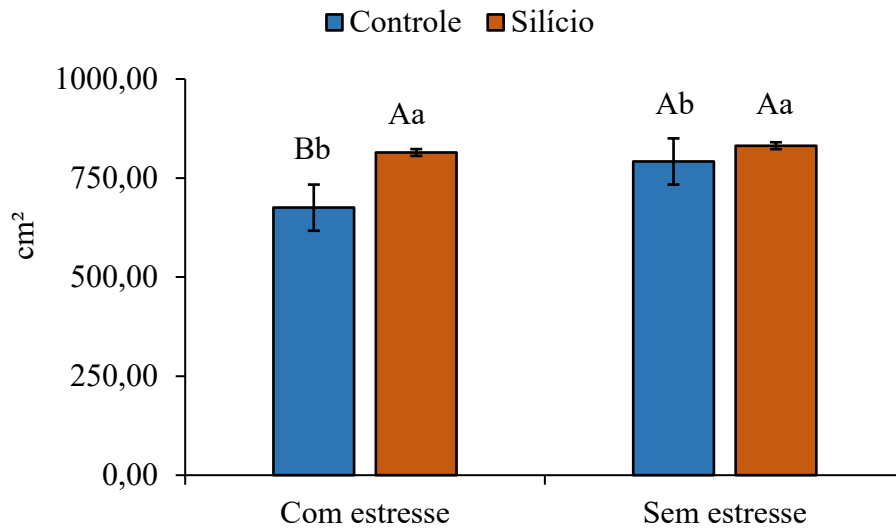


Figura 3. A) Área foliar (AF). Letras maiúsculas diferenciam as lâminas hídricas (com estresse e sem estresse) de um mesmo tratamento e letras minúsculas diferenciam os tratamentos (controle e silício) entre as diferentes condições hídricas (*t-student* $P \leq 0,05$).

Quanto a área foliar específica (AFE) notou-se diferença isolada entre os tratamentos ($p > 0,01$). O tratamento com silício apresentou, nas diferentes lâminas, redução de 19,64% (Figura 4). A aplicação foliar do silício pode formar uma dupla camada de cutícula sílica sob a epiderme das folhas, contribuindo para a redução da perda de água por transpiração, preservando o potencial hídrico das folhas e do conteúdo relativo de água (Araújo et al., 2023)

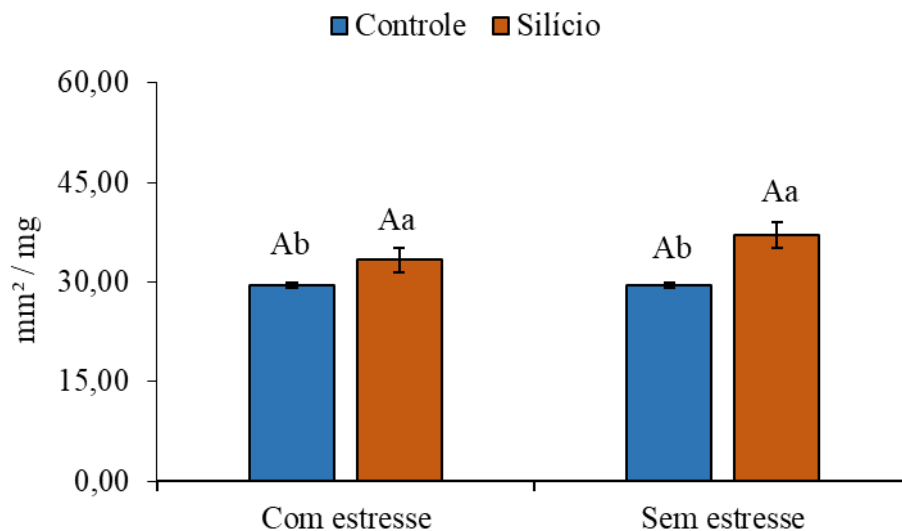


Figura 4. Área foliar específica (AFE). Letras maiúsculas diferenciam as lâminas hídricas (com estresse e sem estresse) de um mesmo tratamento e letras minúsculas diferenciam os tratamentos (controle e silício) entre as diferentes condições hídricas (*t-student* $P \leq 0,05$).

Quanto a razão da área foliar (RAF), neste estudo, observou-se que o Si proporcionou incrementos na cultivar BRS Verdejante sob condições de estresse (19,22%) e sem estresse (15,20%) (Figura 5).

Quanto a razão da área foliar e a área foliar específica, Zhou et al. (2020) destacam que essas são característica funcionais e essenciais para avaliar as respostas fisiológicas das plantas em resposta aos estresses ambientais.

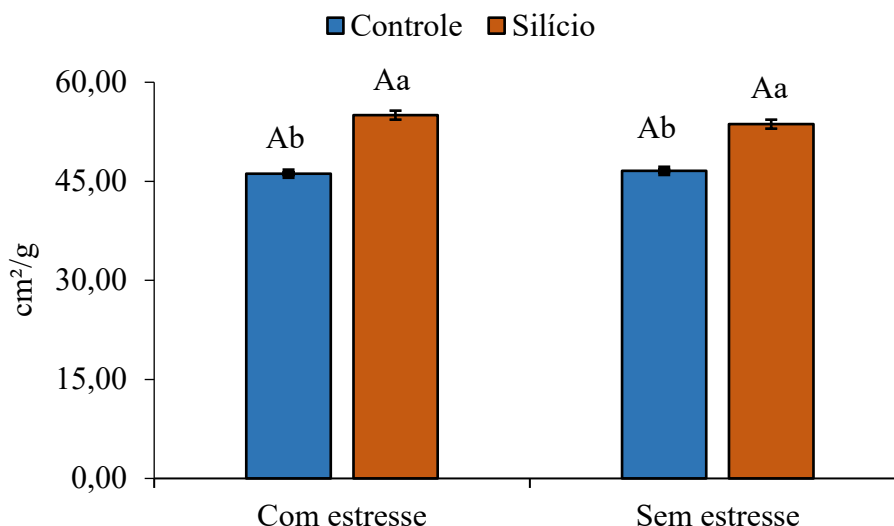


Figura 5. A) Razão da área foliar (RAF) e B) Razão da massa foliar (RMF). Letras maiúsculas diferenciam as lâminas hídricas (com estresse e sem estresse) de um mesmo tratamento e letras minúsculas diferenciam os tratamentos (controle e silício) entre as diferentes condição hídrica (*t-student* $P \leq 0,05$).

Ao avaliar a razão da massa foliar (RMF) a interação das lâminas e dos tratamentos foi significativa ($p < 0,05$) (Figura 6). Entre as lâminas de irrigação, observa-se que a RMF, na ausência de estresse, apresenta-se 15,56% superior ao observado na condição de restrição hídrica.

Além disso, nota-se que, sob restrição hídrica, o Si proporcionou aumento de 11,11% na RMF em comparação com a ausência do mesmo (Figura 6). Resultados semelhantes foi encontrado por Dias et al. (2025) ao estudar sementes de feijão-caupi.

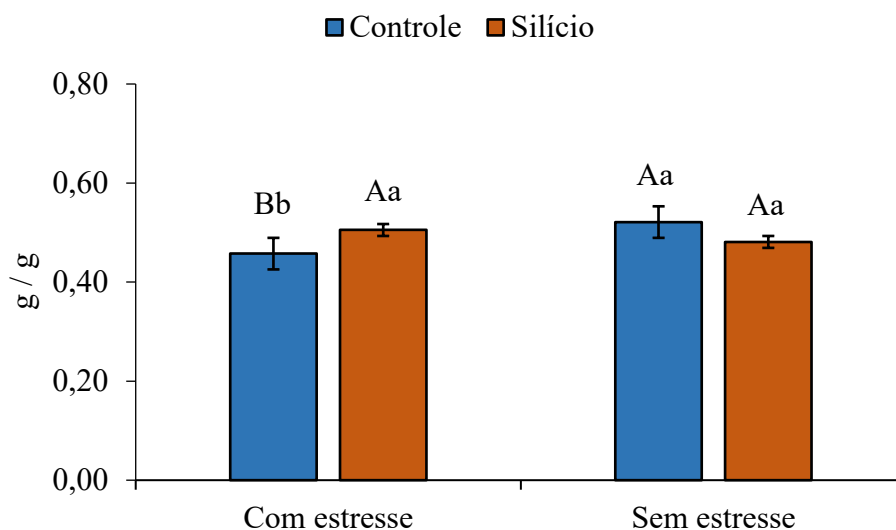


Figura 6. A) Razão da área foliar (RAF) e B) Razão da massa foliar (RMF). Letras maiúsculas diferenciam as lâminas hídricas (com estresse e sem estresse) de um mesmo tratamento e letras minúsculas diferenciam os tratamentos (controle e silício) entre as diferentes condição hídrica (*t-student* $P \leq 0,05$).

CONCLUSÕES

O silício mitiga os efeitos da restrição hídrica no feijão-caupi “BRS Verdejante” ao promover melhorias significativas nos seus parâmetros de crescimento. Portanto, seu uso é uma estratégia promissora para cultivo dessa leguminosa em condições de seca.

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 (FapesqPB) (Edital FapesqPB/CNPq no. 77/2022), Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical (INCTAgris) e a Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, Rayanne Silva et al. O condicionamento de sementes com micropartículas residuais de silício-vidro atenua o estresse hídrico em feijão-caupi. **Scientia Horticulturae**, v. 328, p. 112933, 2024.
- ARAÚJO, Edilene Daniel 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.
- BEZERRA, Raphaela Revorêdo et al. Water efficiency of coriander under flows of application of nutritive solutions prepared in brackish waters. **Water**, v. 14, n. 24, p. 4005, 2022.
- CAVALCANTE, Igor E. 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.
- CAVALCANTE, Igor Eneas et al. Salicylic acid improves cowpea productivity under water restriction in the field by modulating metabolism. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, p. 1415682, 2024.
- DIAS, Guilherme Felix et al. Silício como agente mitigador da restrição hídrica em feijão-caupi: Avaliação de parâmetros de crescimento. **Journal of Education Science and Health**, v. 5, n. 1, p. 1-11, 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 S. de et al. 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.
- SILVA, Duval Chagas da et al. Silicon foliar application attenuates the effects of water suppression on cowpea cultivars. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, p. e023019, 2020.
- ZHOU, Huailin et al. Environmental explanation of maize specific leaf area under varying water stress regimes. **Environmental and Experimental Botany**, v. 171, p. 103932, 2020.