

CRESCIMENTO DE PORTA-ENXERTOS DE CAJUEIRO-ANÃO PRECOCE SOB SALINIDADE E BIOESTIMULANTES

EVANILSON SOUZA DE ALMEIDA¹ VALÉRIA FERNANDES DE OLIVEIRA SOUSA²
LAURIANE ALMEIDA DOS ANJOS SOARES³ GEOVANI SOARES DE LIMA³ HELLEN CAROLINE
MARINHO LACERDA⁴

¹Discente de Mestrado em Engenharia Agrícola, PPGEA, UFCG Campina Grande, PB, Brasil. Evanilsom46@gmail.com

²Pós-Doutoranda, PPGHT, UFCG, Pombal, PB, Brasil. valeriafernandesbds@gmail.com

³Professor, UAGRA, CCTA, UFCG, Pombal, PB, Brasil. geovani.soares@professor.ufcg.edu.br e laurispo.agronomia@gmail.com

⁴Discente do curso de Agronomia, CCTA, UFCG, Pombal, PB. hellen.marinho97@gmail.com

RESUMO: A salinidade é um estresse abiótico que afeta negativamente o crescimento de cajueiro-anão precoce fazendo-se necessária a adoção de estratégias para mitigar os efeitos adversos do estresse salino, incluindo a aplicação de bioestimulantes. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial mitigador de diferentes bioestimulantes (*T. harzianum*, *Bacillus aryabhattai* e *Ascophyllum nodosum*) sobre o crescimento de porta-enxertos de cajueiro-anão sob estresse salino. O experimento foi conduzido em casa de vegetação sob delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 2×4 , sendo dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,3 e 3,1 dS m⁻¹) e quatro tipos de bioestimulantes (Controle, *B. aryabhattai*, *T. harzianum* e *A. nodosum*). O estresse salino reduziu o crescimento do cajueiro-anão precoce, principalmente nas plantas sem aplicação de bioestimulantes. Contudo, a aplicação de *A. nodosum* promoveu superioridade na altura das plantas e número de folhas sob condições salinas. O *B. aryabhattai* induziu uma maior área foliar no cajueiro-anão precoce submetidas a salinidade da água de irrigação (3,1 dS m⁻¹).

PALAVRAS-CHAVE: *Anacardium occidentale* L.; *Ascophyllum nodosum*; *Bacillus aryabhattai*; *Trichoderma* spp.; estresse salino

GROWTH OF EARLY DWARF CASHEW ROOTSTOCKS UNDER SALINITY AND BIOSTIMULANTS

ABSTRACT: Salinity is an abiotic stress that negatively affects the growth of early-bearing dwarf cashew trees, necessitating strategies to mitigate the adverse effects of salt stress, such as the application of biostimulants. In this context, the objective of this study was to evaluate the mitigating potential of different biostimulants (*T. harzianum*, *Bacillus aryabhattai* and *Ascophyllum nodosum*) on the growth of dwarf cashew rootstocks under salt stress. The experiment was conducted in a greenhouse using a randomized block design in a 2×4 factorial arrangement, involving two levels of irrigation water electrical conductivity (0.3 and 3.1 dS m⁻¹) and four types of biostimulants (Control, *B. aryabhattai*, *T. harzianum* and *A. nodosum*). Salt stress reduced the growth of the early-bearing dwarf cashew, particularly in plants that did not receive biostimulants. However, the application of *A. nodosum* resulted in superior plant height and leaf count under saline conditions. *B. aryabhattai* induced greater leaf area in the early-bearing dwarf cashew plants subjected to saline irrigation water (3.1 dS m⁻¹).

KEYWORDS: *Anacardium occidentale* L.; *Ascophyllum nodosum*; *Bacillus aryabhattai*; *Trichoderma* spp.; abiotic stress

INTRODUÇÃO

A salinidade representa um dos principais estresses abióticos que afetam o crescimento e o desenvolvimento vegetal, promovendo alterações morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares, comprometendo o rendimento das culturas (Liu et al., 2024). No cajueiro-anão precoce (*Anacardium occidentale* L.), o uso de águas salinas na irrigação desencadeia distúrbios fisiológicos, nutricionais e metabólicos, afetando diretamente o aparato fotossintético, o acúmulo de carboidratos

solúveis, a distribuição de nutrientes e a síntese de compostos associados à aclimação celular (Farias et al., 2024; Paiva et al., 2024). Essa sensibilidade ocorre desde as etapas iniciais do ciclo fenológico, visto que águas com condutividade elétrica da água a partir de $0,4 \text{ dS m}^{-1}$ reduzem o crescimento em altura de plantas, a área foliar e o acúmulo de fitomassa durante a formação dos porta-enxertos (Lima et al., 2020).

Como alternativa tecnológica para mitigar os efeitos deletérios do estresse salino, a associação com microrganismos benéficos tem demonstrado resultados promissores. Nesse contexto, fungos do gênero *Trichoderma* spp. com melhorias no crescimento e a tolerância das plantas ao estresse salino através do desenvolvimento radicular, da regulação dos sistemas antioxidantes e da modulação de vias de sinalização celular (Güvenaltın et al., 2026). De forma complementar, a rizobactéria *Bacillus aryabhattai* destaca-se por amenizar o estresse osmótico através da produção de exopolissacarídeos, que aumentam a retenção de umidade na rizosfera, além de atuar na modulação de enzimas antioxidantes (Siddika et al., 2024). Assim como, os extratos de algas marinhas (*Ascophyllum nodosum*) destacam-se pela sua ampla diversidade de compostos bioativos, como reguladores de crescimento, polissacarídeos e aminoácidos, associados à mitigação da salinidade em plantas.

Apesar de os benefícios isolados de *Trichoderma* spp., *B. aryabhattai* e *A. nodosum* na mitigação de estresses abióticos em diversas culturas, ainda são escassas as informações sobre a eficiência comparativa desses bioestimulantes na atenuação dos efeitos deletérios da salinidade durante a fase de formação de porta-enxertos de cajueiro-anão precoce. Logo, objetivou-se avaliar o potencial mitigador de diferentes fontes de bioestimulantes (*T. harzianum*, *B. aryabhattai* e *A. nodosum*) sobre o crescimento de porta-enxertos de cajueiro-anão precoce sob estresse salino.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, localizado no município de Pombal – PB, nas coordenadas geográficas $6^{\circ}47'20''$ de latitude e $37^{\circ}48'01''$ de longitude, a uma altitude de 194 m.

O delineamento utilizado foi em bloco casualizado, em esquema fatorial 2×4 , referentes a dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação ($0,3$ e $3,1 \text{ dS m}^{-1}$) e 4 tipos de bioestimulantes (TC – Controle; BA – *Bacillus aryabhattai*; TH – *Trichoderma harzianum* e AN – *Ascophyllum nodosum*) com quatro repetições e duas plantas por parcela, os níveis salinos foram baseados em estudos desenvolvidos por Lima et al. (2020).

A semeadura foi realizada diretamente em sacos de polietileno com capacidade de $1,5 \text{ dm}^3$, utilizando uma semente de cajueiro-anão precoce “LP 06” por recipiente. O substrato foi preparado a partir de uma mistura de solo (50%), areia (25%) e esterco bovino (25%).

A adubação foi iniciada aos 15 dias após a semeadura (DAS). Sendo ureia como fonte de nitrogênio (45% de N), fósforo e potássio, utilizando fosfato monoamônico (9% de N e 48% de P_2O_5) e sulfato de potássio (48% de K_2O ; 15% de S), conforme recomendações estabelecidas por Novais et al. (1991). A suplementação com micronutrientes foi realizada via aplicação foliar, utilizando uma solução de Dripsol Micro® na concentração de $1,0 \text{ g L}^{-1}$, cuja composição é: Mg (1,1%), B (0,85%), Cu-EDTA (0,5%), Fe-EDTA (3,4%), Mn-EDTA (3,2%), Mo (0,05%) e Zn (4,2%).

A aplicação dos tratamentos teve início aos 25 dias após a semeadura. Foram utilizados os tratamentos controle, sem aplicação, 0,004 g de *Bacillus aryabhattai*, 0,002 g de *Trichoderma harzianum* e 0,06 g de *Ascophyllum nodosum*, conforme a recomendação do fabricante, sendo utilizados os produtos comerciais Alga 95®, Aryacompost® e Trichodermil SC®. Cada bioestimulante foi previamente dissolvido em 50 mL de água de baixa condutividade elétrica e aplicado ao solo.

Aos 28 dias após a semeadura, teve início a diferenciação da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa de $0,3$ e $3,1 \text{ dS m}^{-1}$). A irrigação foi realizada diariamente, conforme a demanda hídrica

da cultura, determinada pelo princípio da lisimetria de drenagem, conforme Bernardo et al. (2019). A cada 15 dias, aplicou-se uma fração de lixiviação de 10% do volume total de irrigação.

Aos 75 após a semeadura foram determinadas as variáveis de crescimento das mudas sendo mensurado o número de folhas pela contagem manual das folhas com comprimento superior a 3 cm e com coloração característica da cultivar. A altura de plantas, foi medida do nível do solo a até a gema apical da planta (cm). O diâmetro do caule foi determinado com o auxílio de paquímetro digital (mm) a 2 cm do solo. A área foliar foi determinada pela medição do comprimento e largura das folhas totalmente expandida (cm²), determinada conforme Carneiro et al. (2022) Equação 2:

$$AF = (C \times L) \times f \dots \dots \dots (2)$$

Em que:

AF = área foliar (cm²);

C = comprimento (cm);

L = largura (cm); e,

f = fator de correção (0,6544).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Nos casos de significância, realizou-se teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para os fatores níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e bioestimulantes à base de microrganismo, utilizando-se o software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o resumo da análise de variância houve efeito significativo para a interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação e a aplicação de bioestimulantes sobre a altura de plantas, número de folhas, diâmetro do caule e área foliar de porta-enxertos de cajueiro-anão precoce (Tabela 1).

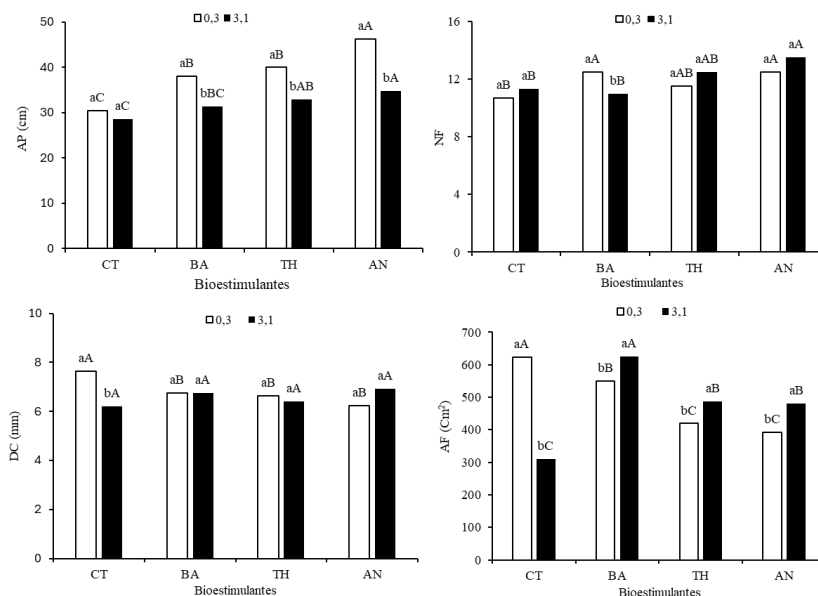
Tabela 1. Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), área foliar (AF), altura de plantas (AP) e diâmetro do caule (DC) em função da condutividade elétrica da água (CEa) e da aplicação de bioestimulantes (Bio) de porta-enxertos de cajueiro-anão precoce aos 75 dias após a semeadura.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		AP	NF	DC	AF
Condutividade elétrica (CEa)	1	246,67**	0,51 ^{ns}	0,36 ^{ns}	2349,84**
Bioestimulantes (Bio)	3	125,43**	4,09**	0,20 ^{ns}	28418,67**
Interação (CEa×Bio)	3	23,69**	2,17*	1,16**	57249,36**
Blocos	2	0,41 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,23 ^{ns}	80,71 ^{ns}
Resíduo	14	1,52	0,41	0,13	139,61
CV (%)		3,49	5,41	5,41	2,43

^{ns} *, ** não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente, CV = coeficiente de variação.

De acordo com a Figura 1A verificou-se no tratamento controle (CT) uma redução acentuada na altura de plantas em relação a aplicação dos bioestimulantes em ambas as condições salinas, com maior média nas plantas sob aplicação com *Ascophyllum nodosum* (AN), representando superioridade de 51,90% (0,3 dS m⁻¹) e 21,28% (3,1 dS m⁻¹) em relação ao CT, respectivamente. Ao observar cada bioestimulante em função dos níveis salinos, constata-se que todos obtiveram reduções na altura de plantas na água de irrigação com CEa de 3,1 dS m⁻¹ (Figura 1A).

Figura 1. Altura de plantas (A), número de folhas (B), diâmetro do caule (C) e área foliar (D) de porta-enxertos de cajueiro em função da condutividade elétrica da água e da aplicação de bioestimulantes aos 75 dias após a semeadura.



CT – Controle; BA – *Bacillus aryabhattai*; TH – *Trichoderma harzianum* e AN – *Ascophyllum nodosum*. Médias seguidas de letra minúscula diferente indicam que há diferença significativa entre os níveis salinos em cada bioestimulante e letras maiúsculas indicam diferença entre bioestimulantes em cada condutividade elétrica da água Tukey $p \leq 0,05$.

Em relação ao número de folhas do cajueiro-anão precoce sob a aplicação dos bioestimulantes com *Trichoderma harzianum* (TH) e *Ascophyllum nodosum* (na) não diferiu entre os níveis salinos. Contudo, com a aplicação do *Bacillus aryabhattai* (BA) houve redução de 12,5 para 11 folhas ao comparar menor e maior nível salino (Figura 1B). A manutenção do aparato foliar sob estresse salino é um indicativo de tolerância, uma vez que a salinidade induz a senescência precoce das folhas como mecanismo de defesa para evitar o acúmulo de íons tóxicos (Farias et al., 2024). Assim como observado na altura de plantas, os bioestimulantes aumentaram a emissão foliar em relação ao tratamento controle nos dois níveis de condutividade elétrica estudados, com maiores valores com AN referentes a 13,5 (0,3 dS m⁻¹) e 12,5 folhas (3,1 dS m⁻¹) (Figura 1B).

A aplicação de bioestimulantes demonstrou ser uma estratégia eficaz na mitigação desses danos, destacando-se o extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (AN) resultando em maior crescimento em altura de plantas e número de folhas em ambas as condições de condutividade elétrica. Esse desempenho superior sugere que os compostos bioativos presentes na alga, como fitormônios (auxinas e citocininas) e osmoprotetores, estimulam a divisão celular e protegem os tecidos vegetais da toxidez iônica, permitindo que a planta mantenha seu vigor vegetativo mesmo sob estresse (Pires et al., 2026).

O diâmetro de caule dos porta-enxertos aumentou no tratamento controle quando as plantas foram irrigadas com CEa de 0,3 dS m⁻¹ em relação aos demais bioestimulantes, com redução de 18% quando comparadas as plantas irrigadas com 3,1 dS m⁻¹. Contudo, o diâmetro do caule não diferiu entre os níveis salinos quando as plantas foram submetidas a aplicação dos bioestimulantes (Figura 1C). Para área foliar dos porta-enxertos de cajueiro-anão precoce, verifica-se superioridade nas plantas submetidas a aplicação dos bioestimulantes (*B. aryabhattai*; *T. harzianum* e *A. nodosum*) com AF de 625,97; 488,16 e 480,35 cm², respectivamente (Figura 1D). As rizobactérias promotoras de crescimento, como o *B. aryabhattai*, são conhecidas por produzir exopolissacarídeos que restringe a entrada de íons tóxicos e melhora a retenção de água, permitindo que a planta sustente a expansão celular e mantenha uma elevada área fotossinteticamente ativa, condição essencial para a sobrevivência em ambientes salinizados (Siddika et al., 2024).

CONCLUSÃO

O estresse salino reduziu o crescimento do cajueiro-anão precoce, principalmente nas plantas sem aplicação de bioestimulantes. Contudo, a aplicação de *A. nodosum* promoveu superioridade na altura das plantas e número de folhas sob condições salinas. O *B. aryabhattai* induziu uma maior área foliar no cajueiro-anão precoce submetidas a salinidade da água de irrigação (3,1 dS m⁻¹)

REFERÊNCIAS

- Carneiro, P. Torres; Fernandes, P. D.; Gheyi, H. R.; Soares, F. A. Loureiro. Germinação e crescimento inicial de genótipos de cajueiro-anão-precoce em condições de salinidade. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 199–206, 2002.
- Farias, F. D. S.; Costa Neto, V. P. D.; Souza, C. C. D. S.; Chaves, D. V.; Bonifácio, A. Differential metabolic rearrangements improve biomass and enhance the tolerance of two dwarf cashew (*Anacardium occidentale* L.) genotypes to salt stress. AIMS Molecular Science, v. 11, n. 2, p. 206–220, 2024.
- Ferreira, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. Revista Brasileira de Biometria, v. 37, p. 529–535, 2019.
- Güvenaltın, Y.; Demirel, M.; Samet, H.; Kasım, M. U.; Kasım, R. Physiological and quality responses of lettuce to salinity stress and *Trichoderma harzianum* inoculation. Horticulturae, v. 12, p. 472, 2026.
- Lima, G. S. D.; Silva, J. B. D.; Soares, L. A. D. A.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Souza, L. D. P. Índices fisiológicos e partição de fitomassa em clones precoces de cajueiro-anão irrigados com águas salinas. Comunicata Scientiae, v. 11, e3196, 2020.
- Liu, C.; Jiang, X.; Yuan, Z. Plant responses and adaptations to salt stress: a review. Horticulturae, v. 10, n. 11, p. 1221, 2024.
- Paiva, T. F. P.; Bezerra, M. A.; Lima, R. E. M.; Feitosa, H. D. O.; Dias, G. D. M. G. Fisiologia e desenvolvimento de mudas enxertadas de cajueiro-anão submetidas a diferentes doses de adubação e irrigadas com água salina. Comunicata Scientiae, v. 15, e3676, 2024.
- Pires, J. S. B.; Silva, F. B. C.; Barbosa, M. E. S.; Cavilha, G. R.; Coelho, M. M.; Otilia, S. M.; Moreira, J. W. M.; Marquito, G. R. M.; Hoste, F. G.; Jevaux-Machado, A. J. C. et al. Biostimulant potential of *Ascophyllum nodosum* in mitigating the effects of salinity on the germination of *Zea mays* L. seeds. Seeds, v. 5, n. 1, p. 14, 2026.
- Siddika, A.; Rashid, A. A.; Khan, S. N.; Khatun, A.; Karim, M. M.; Prasad, P. V.; Hasanuzzaman, M. Harnessing plant growth-promoting rhizobacteria, *Bacillus subtilis* and *B. aryabhattai* to combat salt stress in rice: A study on the regulation of antioxidant defense, ion homeostasis, and photosynthetic parameters. Frontiers in Plant Science, v. 15, p. 1419764, 2024.