



DESENVOLVIMENTO INICIAL DA CULTURA DO MILHO SOB DIFERENTES DOSES DE INOCULANTE *Bacillus aryabhattai*

Ana Caroline de Santi¹, Jefferson Chaves Rodrigues¹, Vinicius Ferreira Alves¹, Vitoria Hendges Pasqual¹, Karina Sanderson Adame¹

RESUMO

Na agricultura, o grande desafio é produzir alimentos, existem diversos fatores edafoclimáticos que impactam o desenvolvimento e a produção, mas é fundamental que as plantas apresentem um sistema radicular bem desenvolvido. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento inicial da cultura do milho sob diferentes doses do inoculante *Bacillus aryabhattai*. O experimento foi conduzido no laboratório de análises de germinação de sementes do Centro Universitário FAG. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (0; 50; 100 e 150 mL 50 kg⁻¹ de semente.) e cinco repetições. As variáveis avaliadas foram comprimento radicular, taxa de germinação e altura da parte aérea. Os dados foram submetidos a ANOVA por meio do teste F. Quando foram detectadas diferenças significativas, empregou-se o método de estudo de regressão e quando não identificadas utilizou-se o teste de Tukey a 5%. Conclui-se que as diferentes doses do inoculante *Bacillus aryabhattai* não influenciaram nos parâmetros comprimento radicular e taxa de germinação. Os resultados indicaram que o uso do inoculante influenciou significativa a altura da parte aérea da cultura do milho. Houve um aumento conforme uma regressão quadrática até um valor máximo de aproximadamente 5,01 cm para a dose do inoculante *Bacillus aryabhattai* de 87,78 mL 50 kg⁻¹ de semente. A partir dessa dose a altura da parte aérea diminui lentamente.

PALAVRAS-CHAVE: Bactérias, Germinação, Zea mays.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é uma das principais culturas agrícolas do mundo, com os Estados Unidos sendo o maior produtor, seguidos pela China e pelo Brasil. No Brasil, o milho ocupa a segunda posição entre as culturas de grãos, ficando atrás apenas da soja. O cultivo desse cereal ocorre em diversas condições ambientais, abrangendo regiões de clima frio e quente, com variações tanto de altitude quanto de latitude, o que leva a diferentes níveis de produtividade (CONAB, 2020). Devido às suas condições climáticas e geográficas, o Brasil é o único país capaz de produzir três safras de milho por ano (CNA, 2025). Na safra 22/23, a produção alcançou 131.865,9 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 16,6% em relação à safra anterior, com uma produtividade de 5.922 kg por hectare e uma área plantada de 22.264,4 mil hectares (CONAB, 2023).

Entre os desafios enfrentados pelo cultivo do milho, o estresse hídrico é um dos principais fatores que afeta a produtividade, uma vez que reduz a fotossíntese e compromete o crescimento das plantas. Os microrganismos do solo desempenham um papel importante, podendo influenciar a produção agrícola de diversas maneiras, incluindo o aumento da tolerância à seca (HARTHMANN *et al.*, 2009). Ainda segundo os autores a adoção de tecnologias sustentáveis tem se tornado uma alternativa viável para minimizar esses efeitos. O uso de rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (PGPR) tem sido amplamente estudado, pois essas bactérias podem favorecer o crescimento vegetal por meio da produção de fitohormônios, solubilização de nutrientes e indução de resistência ao estresse abiótico destacando-se o gênero *Bacillus* spp.

Dentre as PGPRs, o *Bacillus aryabhattai* tem se destacado por sua capacidade de promover o desenvolvimento das plantas ao melhorar a absorção de nutrientes e aumentar a tolerância ao déficit hídrico. Estudos demonstram que sua aplicação pode resultar em incrementos no volume radicular e no diâmetro do colmo do milho, proporcionando maior resistência às adversidades ambientais e contribuindo para o aumento da produtividade (MENDES *et al.*, 2025).

Assim, compreender as interações entre microrganismos e plantas em diferentes ambientes pode oferecer novas tecnologias para mitigar os efeitos negativos do estresse e aumentar a produtividade das culturas (SEVERO, 2021). Pesquisas avaliaram que a inoculação de sementes de milho, soja e canola com *Bacillus aryabhattai* auxiliaram as plantas a tolerarem o estresse hídrico nos primeiros dias após o plantio, (PARK *et al.*, 2017; SIDDIKEE *et al.*, 2010). No entanto, ainda há necessidade de estudos mais aprofundados para determinar as doses mais eficientes e os efeitos dessa bactéria em diferentes condições de cultivo.

Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial da cultura do milho sob diferentes doses de inoculante *Bacillus aryabhattai*. A pesquisa busca fornecer informações que possam contribuir para a adoção dessa tecnologia como uma alternativa sustentável para a agricultura, auxiliando na mitigação dos impactos ambientais e na maximização da eficiência produtiva do milho.

¹Instituição: Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz E-mail: jcrodrigues@minha.fag.edu.br



2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido e analisado no Laboratório de Sementes do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz situado no município de Cascavel-PR, no mês de abril de 2025. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em avaliar a germinação e o desenvolvimento inicial da cultura do milho sob diferentes doses de inoculante *Bacillus aryabhattai*, sendo eles: T1: testemunha (sem o inoculante); T2: 50 mL 50 kg⁻¹ de semente; T3: 100 mL 50 kg⁻¹ de semente e T4: 150 mL 50 kg⁻¹ de semente.

A variedade de sementes escolhida para o teste foi o milho híbrido AS 1877 PRO4®, da Agroeste e o inoculante *Bacillus aryabhattai* foi obtido na produção *On Farm* da Fazenda Escola do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, onde foram produzidos em caixas de água grande e de uso exclusivo, foi adicionado as cepas de microrganismos, meio de cultura ágar, açúcar, água essa solução é agitada por 24 horas, e, após isso, o produto estava pronto para ser utilizado.

Para o teste de germinação, 50 sementes tratadas foram dispostas em uma folha de papel Germitest® umedecida com água destilada em quantidade duas vezes a do peso do papel e, posteriormente, coberta com mais uma folha de papel Germitest®, da mesma forma umedecida e depois enroladas. Cada tratamento foi devidamente identificado, e as cinco repetições de cada tratamento foram organizadas em sacos plásticos, os quais foram fechados, respeitando abertura do topo para permitir a troca gasosa durante o processo de germinação, totalizando 250 sementes por tratamento. Foram dispostas na posição vertical dentro de germinador com temperatura de 25°C com variação de temperatura de +/- 1°C e fotoperíodo de 12 horas de luz por 8 dias, de acordo com as prescrições das RAS (BRASIL, 2009). Após os 8 dias as amostras foram retiradas da incubadora B.O.D e foram escolhidas 05 plantas aleatórias de cada parcela para avaliação do comprimento radicular (cm), taxa de germinação (%) e altura da parte aérea (cm).

Para as análises estatísticas utilizou-se o software computacional SISVAR, versão 5.8, Build 92, desenvolvido por Ferreira (2000), realizando a análise de variância dos dados por meio do teste F. Quando foram detectadas diferenças significativas, empregou-se o método de estudo de regressão e quando não identificadas utilizou-se o teste de Tukey a 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de normalidade de Shapiro-Wilk a 5%, apresentou normalidade para o comprimento radicular (p=0,3926) e taxa de germinação (p=0,2939). Os resultados obtidos mostraram que as diferentes doses de inoculante *Bacillus aryabhattai* não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade (p < 0,05) sobre os parâmetros comprimento radicular e taxa de germinação, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Média do comprimento radicular (cm) e taxa de germinação (%).

Doses de inoculante (mL 50 kg ⁻¹)	C.R. (cm)	GER (%)
0	11,33 a	76,80 a
50	11,50 a	72,80 a
100	11,48 a	74,40 a
150	11,61 a	76,00 a
Média	11,48	75,00
C.V. (%)	12,15	12,98
Shapiro Wilk	0,3926	0,2939
p-valor ANOVA	0,9714 ^{ns}	0,9178 ^{ns}

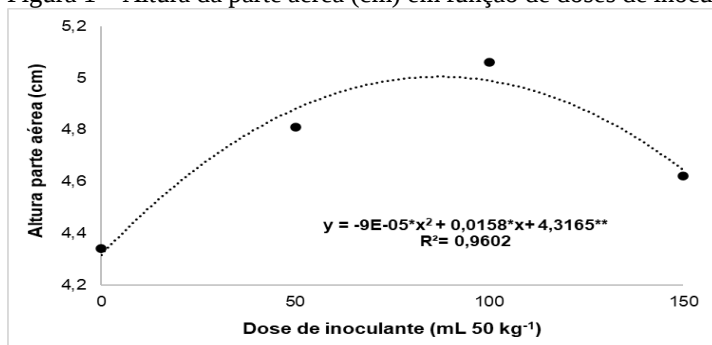
CV%: Coeficiente de variação; C.R.: comprimento radicular; GER.: taxa de germinação. ns.: não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si.

O comprimento radicular variou de 11,33 a 11,61 cm, apresentando uma média geral de 11,48 cm. Já a germinação variou entre 72,80% a 76,80%, com média de 75,00%. Em relação a taxa de germinação, todos os tratamentos obtiveram índices de germinação abaixo do padrão estabelecido para comercialização de sementes, onde a



taxa mínima para germinação é de 85 % (BRASIL, 2009). Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com Xavier *et al.* (2024). Os autores avaliaram o comprimento da raiz em plantas cultivadas com o inoculante *B. Aryabhatai* e observaram, que não houve diferença considerável entre os tratamentos, com base no nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey. Estudos realizados por Rampim *et al.* (2020) e Santos *et al.* (2014), indicam que a presença de bactérias diazotróficas pode influenciar o acúmulo de solutos orgânicos nas sementes, afetando o equilíbrio osmótico e, consequentemente, processos fisiológicos como a germinação, que depende da embebição. Essa interferência pode ser benéfica ou prejudicial, variando conforme a quantidade de solutos acumulados e os níveis hormonais presentes nas sementes. Os resultados indicaram que o uso do inoculante *Bacillus aryabhatai* influenciou significativamente a altura da parte aérea da cultura do milho. A altura da parte aérea ajustou-se a uma regressão quadrática e apresentou coeficiente de determinação (R^2) de 0,9602, conforme Figura 1.

Figura 1 – Altura da parte aérea (cm) em função de doses de inoculante (mL 50 kg⁻¹)



*: significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F

A altura da parte aérea aumentou conforme uma regressão quadrática até um valor máximo de aproximadamente 5,01 cm para a dose do inoculante *Bacillus aryabhatai* de 87,78 mL 50 kg⁻¹ de semente. A partir dessa dose a altura da parte aérea diminui lentamente, sugerindo que doses mais elevadas podem ter efeito inibitório. No trabalho de Oliveira *et al.* (2021), embora a fixação de N na inoculação com *A. brasilense* não tenha demonstrado resultados significativos na produtividade de grãos, observaram uma uniformidade e até mesmo um incremento, na variável altura de plantas. Segundo Ferraz *et al.* (2022), a altura de plantas é um parâmetro agrônomo de grande importância, tendo relação direta com a inserção da espiga, índice de acamamento e perdas durante a colheita, influenciando no momento de caracterização de híbridos. Em seus estudos Xavier *et al.* (2024), observaram que a aplicação de doses de inoculante, independente da inoculação, promoveu resultados significativos na altura de planta, diâmetro de colmo e número de folhas de plantas de milho verde. Pinheiro *et al.* (2020), testando doses de nitrogênio em milho, observaram que o crescimento de plantas foi induzido até 98,66 kg ha⁻¹. Já as doses maiores afetaram negativamente o desenvolvimento em altura da cultura. Isso corrobora os resultados obtidos nas condições deste trabalho.

4. CONCLUSÃO

As diferentes doses do inoculante *Bacillus aryabhatai* para avaliar o desenvolvimento inicial da cultura do milho não influenciaram nos parâmetros comprimento radicular e taxa de germinação das sementes. Ainda que os efeitos sobre esses parâmetros não tenham sido estatisticamente expressivos, os dados indicam uma resposta positiva inicial da planta ao uso do inoculante. Os resultados indicaram que o uso do inoculante *Bacillus aryabhatai* influenciou significativa a altura da parte aérea da cultura do milho. Houve um aumento conforme uma regressão quadrática até um valor máximo de aproximadamente 5,01 cm para a dose do inoculante *Bacillus aryabhatai* de 87,78 mL 50 kg⁻¹ de semente. A partir dessa dose a altura da parte aérea diminui lentamente.

5. REFERÊNCIAS

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ACS, 395 p., 2009.



CONAB - COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a agropecuária, safra 2020/21.** Edição grãos, v.8, 75 p., Brasília, 2020.

CONAB - COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra Brasileira de grãos. Safra 2022/23.** v. 10, n. 12, 104 p., Brasília, 2023.

CNA – CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Milho é um dos cereais mais nutritivos e versáteis do mundo.** Disponível em: Milho é um dos cereais mais nutritivos e versáteis do mundo | Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (cnabrazil.org.br). Acesso em 25 mar. 2025.

FERRAZ, M. A. J.; FERRAZ, G. A. J.; SANTOS, N. R. C. Determinação de altura de plantas de milho através da análise de imagens aéreas obtidas com ARP. **Brazilian Journal of Development**, v.8, n.1, p.6900-6917, jan. 2022.

FERREIRA, D. F. **Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0.** In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, p. 255- 258., 2000.

HARTHMANN, O. E. L.; MÓGOR, A. F.; WORDELL FILHO, J. A.; LUZ, W. C.; BIASI, L. A. Tratamento de sementes com rizobactérias na produção de cebola. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, 2009.

MENDES, D. F.; CABRAL FILHO, F.R.; ANDRADE, C. L. L.; VENTURA, M.V. A. Root and aerial growth of corn subjected to different biological managements in seed treatment with *Bacillus aryabhattai*. **Brazilian Journal of Science**, v.4, n.2, p.39-46, 2025.

OLIVEIRA, C.Á.; PICAZEVICZ, A.A.C. Análise econômica da produção de milho verde em resposta a adubos verdes, *Azospirillum brasilense* e nitrogênio. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.6, p.74-86, 2021.

PARK, Y.G.; MUN, B.G.; KANG, S.M.; HUSSAIN, A.; SHAHZAD, R.; SEO, C.-W.; KIM, A.- Y.; LEE, S.-U.; OH, K. Y.; LEE, D. Y.; LEE, I.-J.; YUN, B.-W. *Bacillus aryabhattai* srb02 tolerates oxidative and nitrosative stress and promotes the growth of soybean by modulating the production of phytohormones. **PLOS ONE**, v. 12, n. 3, p. e0173203, 2017.

PINHEIRO, C. H. N.; LIMA, V. M. M.; STIVAL, M. M.; SILVA, V. L.; ROCHA, K. R.; Utilização de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n.8, 2020.

RAMPIM, L.; GUIMARÃES, V. F.; SALLA, F. H.; COSTA, A. C. P. R.; INAGAKI, A. M.; BULEGON, L. G.; FRANÇA, R. Desenvolvimento inicial de plântulas de milho reinoculadas com bactérias diazotróficas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, e24953109, 2020.

SANTOS, M. et al.; Resistan ceto water déficit during the formation of sugar canesee dlings media te dbby interaction with *Bacillus sp.*; **Científica, Londrina**, v.45, n.4, p.414- 421, 2014.

SEVERO, P. J. S. (2021). **Produção de milho verde sob déficit hídrico em associação a bactérias promotoras do crescimento ou Co+Mo** [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande], 2021.

SIDDIKEE, M. D.; CHAUHAN, P. S.; ANANDHAM, R.; HAN F.H.; SA, T. Isolation, characterization and use for plant growth promotion under salt stress, of ACC deaminase- producing halotolerant bacteria derived from coastal soil. **Journal Microbiology and Biotechnology**, v. 20, n.11, p. 1577-1584, 2010.

XAVIER, P. S. *et al.* **Bactérias promotoras do crescimento vegetal na germinação e crescimento vegetativo da cultura do milho.** 2024. 68 p. Dissertação (Mestrado em irrigação no cerrado) – Instituto federal Goiano, Campus Ceres, 2024.