

BACTÉRIAS ENDOFÍTICAS E A AGRICULTURA¹

June Faria Scherrer Menezes

Augusto Matias de Oliveira

Márcia Regina da Costa

Juliana Silva Rodrigues Cabral

Eduarda Santana Soares

Letícia Schneider Pezzini

Paulo Henrique Graziotti

A agricultura moderna está sob forte pressão para fornecer maiores rendimentos, alimentar a população mundial em constante crescimento e reduzir a utilização de produtos químicos sintéticos. Para manter os altos índices produtivos atuais, as práticas agrícolas dependem amplamente da aplicação de fertilizantes químicos, que podem resultar em consequências negativas como contaminação da água por meio da desnitrificação e lixiviação, o que é prejudicial a todos os organismos vivos (Prasad et al., 2020).

Diante desse cenário, as práticas agrícolas atuais tem valorizado cada vez mais o solo. A saúde do solo é essencial para a manutenção da vida, uma vez que abriga comunidades de microrganismos que interagem com as plantas, influenciando seu crescimento, saúde e resiliência (Liu-Xu et al., 2024). Como diz Louis Pasteur: “o papel dos infinitamente pequenos é infinitamente grande”. Microrganismos benéficos, como as bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) e os fungos micorrízicos, estabelecem **relações mutualísticas** com as plantas, contribuindo com a absorção de nutrientes, estímulo ao crescimento vegetal e maior resistência a condições adversas. Isso auxilia na ciclagem de nutrientes, na saúde do solo e na produtividade das plantas (Liu-Xu et al., 2024). Além disso, ajudam a reduzir a dependência de fertilizantes químicos, mitigando os riscos ambientais associados ao seu uso.

Com os avanços tecnológicos e biotecnológicos, as práticas agrícolas modernas têm explorado cada vez mais o potencial dos microrganismos benéficos para aumentar a eficiência produtiva e promover uma agricultura mais sustentável (Liu-Xu et al., 2024). Assim, observa-se que à manutenção da sustentabilidade agrícola global e o aumento da produção de alimentos depende da compreensão da dinâmica do solo, que muitas das vezes é ignorada (Prasad et al., 2017). A biota do solo contribui substancialmente para o funcionamento eficaz do solo e para a manutenção de sua sustentabilidade (Prasad et al., 2017).

As bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) beneficiam as plantas direta e indiretamente. Entre os efeitos diretos, destaca-se a fixação biológica de nitrogênio, a solubilização de fósforo e potássio, a produção de fitohormônios (auxinas, citocininas e giberelinas), e a síntese de sideróforos que aumentam a disponibilidade de ferro. Indiretamente, as bactérias contribuem para a redução de estresses bióticos e abióticos, estimulam o desenvolvimento radicular e melhoram a absorção de água e nutrientes (Ayilara et al., 2023; Santoyo et al., 2016). Assim, as BPCP favorecem o crescimento e a produtividade das plantas, promovendo sistemas agrícolas mais sustentáveis e reduzindo a necessidade de insumos químicos.

Rede Agrobiotec, Subprojeto V – Bactérias endofíticas na produção da soja e do milho.

Autores vinculados a Faculdade de Agronomia e Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade de Rio Verde – UniRV, Rio Verde, Goiás.

Curiosidade

Você sabia que as bactérias endofíticas podem “conversar” com as plantas?

Algumas bactérias endofíticas conseguem “conversar” com as plantas por meio da liberação de sinais químicos, como moléculas de quorum sensing, fitormônios e compostos orgânicos voláteis. Esses sinais são reconhecidos pelas células vegetais e ativam respostas específicas, como o fortalecimento das defesas naturais, o estímulo ao crescimento das raízes ou a melhoria na absorção de nutrientes. Além disso, as endofitas podem modificar seu próprio genoma para se adaptar ou evitar o mecanismo de defesa da planta hospedeira (Oukala et al., 2021). Essa comunicação ocorre de forma bidirecional: enquanto a bactéria envia sinais que alteram o metabolismo da planta, a planta também libera substâncias que regulam o comportamento bacteriano, favorecendo uma relação mutualística. Esse “diálogo químico” é essencial para o sucesso da associação endofítica e para o desempenho saudável das plantas em diferentes condições ambientais.

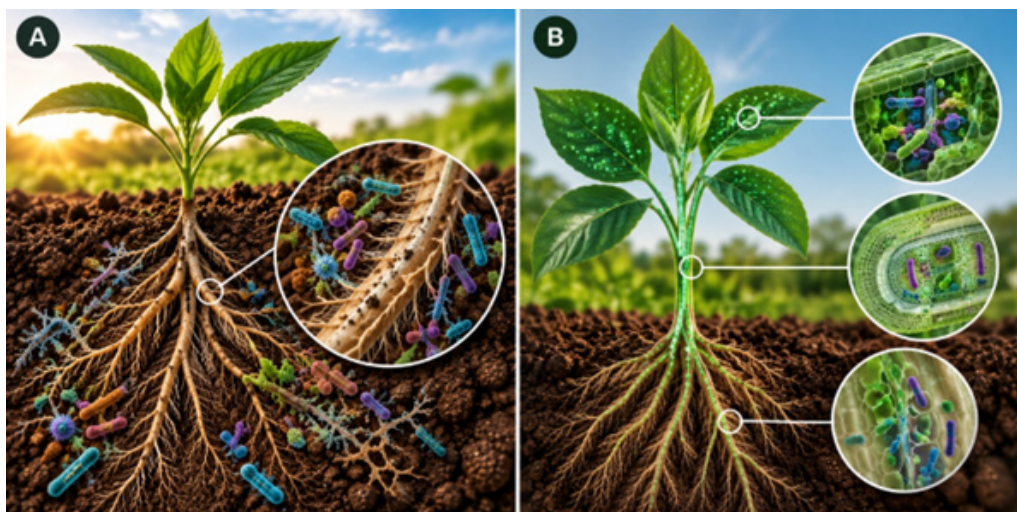
Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas

As bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) são microrganismos benéficos que vivem na rizosfera (região de 3 a 5 mm entorno da raiz), na superfície ou dentro dos tecidos vegetais, e favorecem o desenvolvimento das plantas por diferentes mecanismos. Elas podem estimular o crescimento diretamente, melhorando a nutrição e a produção de fitormônios, ou indiretamente, protegendo contra patógenos e estresses ambientais.

As BPCP podem ser divididas em dois grupos quanto a sua colonização: rizósfericas e endofíticas. As rizósfericas vivem na rizosfera, região do solo que envolve diretamente

as raízes, ou aderidas à superfície das raízes (Figura 2A), e sua relação com a planta é **extracelular**, sem penetração nos tecidos (Nwachukwu et al., 2021). As propriedades biológicas, físicas e químicas da rizosfera são moduladas pelas plantas. Gêneros como *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azotobacter* e *Burkholderia*, entre outros, possuem espécies rizosféricas.

Figura 2. Microrganismos rizosféricos (A) e endofíticos (B)



Fonte: imagem gerada por IA.

Já as bactérias endofíticas colonizam o interior dos tecidos vegetais (raízes, caules, folhas, sementes), sem causar danos ou sintomas de doença (Oukala et al., 2021). Elas estabelecem uma relação íntima e mutualística, vivendo dentro da planta, frequentemente nos espaços **intercelulares** ou até mesmo intracelularmente. Entre os gêneros que englobam espécies endofíticas se tem *Herbaspirillum*, *Gluconacetobacter*, *Enterobacter*, *Burkholderia*, *Azospirillum*, entre outros. O mesmo gênero bacteriano pode ter tanto bactérias rizosféricas quanto endofíticas.

As bactérias endofíticas podem ser obrigatórias, vivendo dentro da planta durante todo o seu ciclo de vida, pois dependem da atividade metabólica da planta para sua sobrevivência, ou facultativas, no qual colonizam internamente os tecidos vegetais durante alguma fase de seu ciclo de vida (Santos et al., 2018). Por estarem dentro das plantas, elas podem ter mais chances de se darem bem, já que estão protegidas de fatores externos como variações climáticas, competição com outros microrganismos, entre outros efeitos adversos.

As bactérias endofíticas podem proteger as plantas contra estresses bióticos e abióticos. É sabido que elas promovem o crescimento vegetal por meio de fatores bioquímicos e fisiológicos, como a fixação biológica de nitrogênio, a solubilização de fosfato, a produção de sideróforos e a síntese de substâncias promotoras do crescimento vegetal (Prasad et al., 2020).

Porém, é importante ficar de olho: as bactérias endofíticas também podem produzir substâncias que, em excesso, podem prejudicar as sementes, como o ácido indolacético (AIA). A produção elevada de AIA pode causar efeitos tóxicos, como observado na cepa de *Rhizobium leguminosarum*, que apresentou efeitos nocivos sobre sementes de alface devido à sua produção excessiva desse composto (Schlindwein et al., 2008). Isso ocorre porque as auxinas, em geral, podem apresentar ação herbicida quando em altas concentrações (Todd et al., 2020). Szilagyi-Zecchin e seus colaboradores observaram que duas cepas de *Bacillus* (CNPSO 2477 e CNPSO 2478) apresentam boa capacidade de produção de AIA, sideróforos e enzimas líticas, no entanto, não foram boas candidatas como promotoras de crescimento, pois reduziram a germinação das sementes.

Por isso, antes de usar essas bactérias em larga escala, é preciso realizar testes para garantir que elas não atrapalhem a germinação das sementes e o desenvolvimento da planta.

INTERESSE CIENTÍFICO

Efeito das Bactérias endofíticas na cultura da soja e milho

O cultivo de soja está entre as atividades que apresentam um dos maiores crescimentos econômicos na agricultura (Fulaneti, 2022). O Brasil, especificamente, é o maior produtor mundial de soja, e estimativas preveem um aumento de 3,6% na área plantada em relação última safra para a safra 2025/2026. A produção estimada é de 177.638,6 mil toneladas, 3,6% superior à da safra 2024/25, indicando a possibilidade de novo recorde (Cobab, 2025). O uso do grão é bastante diverso e engloba a fabricação de ração, óleo, biocombustível, além do setor industrial (Güzeler et al., 2016).

O milho (*Zea mays* L.) também é uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo, possuindo papel importante na segurança alimentar, na produção animal e na indústria. Amplamente cultivado em diferentes condições climáticas, o milho destaca-se pela alta produtividade e versatilidade de uso, sendo utilizado na alimentação humana, como ingrediente básico de rações para animais e como matéria-prima para biocombustíveis e produtos industriais. Além disso, sua capacidade de adaptação e a disponibilidade de tecnologias avançadas de manejo e melhoramento genético fazem do milho uma cultura estratégica para o desenvolvimento sustentável e a segurança alimentar global. No Brasil, na safra 2025/2026 é projetado um aumento de 6,1% na área cultivada, esperando o cultivo de 4.003,4 mil hectares, com produção de 25.632,4 mil toneladas e produtividade média de 6.403 kg ha⁻¹ (Conab, 2025).

Assim, é fundamental conhecer a diversidade e a quantidade de bactérias endofíticas associadas à soja e ao milho nos mais variados ambientes. Esse conhecimento serve de base para o uso desses microrganismos como biofertilizantes, promotores de crescimento, agentes de biocontrole e até mesmo como auxiliares na correção do solo, contribuindo, de

forma geral, para o aumento da produtividade da cultura (Ayilara et al., 2023; Nwachukwu et al., 2021).

Naturalmente, as raízes da soja abriga bactérias noduladoras e bactérias endofíticas, que ajudam a aumentar o estoque de nitrogênio e a recuperar outros nutrientes perdidos no solo para a nutrição da planta. As bactérias endofíticas podem sustentar o crescimento e a saúde das plantas exibindo antibiose contra fitopatógenos, produção de enzimas, biossíntese de fitormônios, ácidos orgânicos e secreção de metabólitos secundários (Ayilara et al., 2023).

Franceschini et al. (2024) avaliaram a eficácia agrônômica da combinação das bactérias *Priestia arybathaii* e *Priestia megaterium*, para o crescimento da soja em cinco condições edafoclimáticas diferentes. Os resultados evidenciaram aumento significativo no crescimento da soja em altura, massa seca e produtividade com o uso do inoculante, evidenciando sua adaptabilidade em diferentes regiões. Houve aumento na produtividade de grãos em comparação com o controle sem as bactérias endofíticas. E concluíram que o inoculante possui potencial significativo para otimizar o desenvolvimento da cultura em diversos ambientes, destacando-se como uma estratégia promissora para impulsionar a produção de soja de maneira eficiente e sustentável.

Na cultura do milho, Szilagyi-Zecchin et al. (2014), observaram que *Enterobacter* sp. CNPSO 2480 e *Bacillus* sp. cepa CNPSO 2481 aumentaram o volume radicular em 44% e 39%, respectivamente, e a germinação das sementes em 47% e 56%, respectivamente. As duas cepas foram classificadas como boas candidatas para a produção de inoculantes biológicos para milho. Siddique et al. (2022), avaliando o efeito de bactérias endofíticas presentes em sementes de milho sob condições de déficit hídrico, relataram que as bactérias melhoraram o comprimento da raiz e da parte aérea, a biomassa da planta, a área foliar, o teor de prolina, açúcar e proteína em condições normais e de seca. As enzimas antioxidantes também reduziram com a inoculação de bactérias endofíticas nas sementes em condições de seca (Siddique et al., 2022).

Os mecanismos de ação pelos quais essas bactérias endofíticas trazem esse efeito tamponante são diversos, tais como produção de osmólitos relacionados à homeostase, produção de enzimas relacionadas ao estresse oxidativo e redução dos níveis de etileno na planta (Cunha et al., 2023).

As bactérias endofíticas têm demonstrado habilidade em promover o crescimento e desenvolvimento das culturas, ao mesmo tempo em que melhoram a fertilidade do solo (Martins, 2020). O uso da biodiversidade microbiana se mostra como uma alternativa eficaz ao uso excessivo de produtos químicos, aumentando a resiliência, e consequentemente, conseguindo manter o metabolismo da planta ativo (Castro et al., 2023).

Além de oferecer uma rota econômica e ecológica para melhorar o fornecimento de nutrientes às plantas e fornecer proteção contra diversos estresses abióticos e bióticos, as bactérias endofíticas desempenham um papel potencial no aumento da produtividade das

culturas e na manutenção da saúde do solo de forma sustentável (Prasad et al., 2020).

Benefícios a Longo Prazo:

Além de tudo isso, essas estratégias ajudam a criar uma agricultura mais resistente, especialmente diante das mudanças climáticas. Plantas que fazem parceria com “bactérias do bem” tendem a aguentar melhor os desafios do clima.

Ponto de vista alternativo:

Algumas pessoas podem se perguntar sobre os riscos de introduzir novas bactérias em cultivos, mas é por isso que fazemos testes tão rigorosos, para garantir a segurança e a eficácia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYILARA, M. S.; ADELEKE, B. S.; BABALOLA, O. O. Bioprospecting and challenges of plant microbiome research for sustainable agriculture, a review on soybean endophytic bacteria. **Microbial ecology**, v. 85, n. 3, p. 1113-1135, 2023. <https://doi.org/10.1007/s00248-022-02136-z>.

CASTRO, I. P.; DA SILVA, W. F. Tolerância ao déficit hídrico na germinação de sementes de soja tratadas com *Bacillus aryabhattai*. *Cerrado Agrociências*, v. 14, p. 46-55, 2023.

CENCI, D. R.; LORENZO, C. A mudança climática e o impacto na produção de alimentos: alguns elementos de análise da realidade brasileira e argentina. *Revista Direito em Debate*, v. 29, n. 54, p. 32-43, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21527/2176-6622.2020.54.32-43>. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/revistadireitoemdebate/article/view/11446>. Acesso em: 6 set. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira: grãos, 1º levantamento, safra 2025/26. Brasília, DF: Conab, 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 5 nov. 2025.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Perspectivas para a Agropecuária. Brasília, DF: Conab, 2023. 92 p.

CUNHA, E. T.; ARISI, A. C. M.; SOARES, C. R. F. S. Efeitos do estresse subletal em bactérias promotoras de crescimento vegetal: revisão sistemática e aplicação em inoculantes de *Azospirillum brasilense* para milho. Disponível em: https://btd.ibict.br/vufind/Record/UFSC_9aad14f51b16c257d63813b679038910. Acesso em: 23 nov. 2023

FRANCESCHINI, S. B., PAZ, I. C. P., & GUIMARÃES, A.M. Eficácia agrônômica do produto estive (*Priestia aryabhattai* + *Priestia megaterium*) sobre o crescimento de soja em cinco condições edafoclimáticas diferentes. *Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative*

Science & Technology Journal. Recuperado de <https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/article/view/1377>

FULANETI, F. pdf. Acesso em: 16 set. 2025. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/25956/DIS_PPGAGRONOMIA_2022_

FULANETI, F. S. Opções de bactérias na coinoculação na cultura da soja. 2022. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2022.

GÜZELLER, Nuray; YILDIRIM, C. A utilização e processamento de soja e produtos de soja. [S.l.], [s.n.], 2016.

LIU-XU, L.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, A. I.; CAMAÑES, G.; VICEDO, B.; SCALSCHI, L.; LLORENS, E. Harnessing green helpers: nitrogen-fixing bacteria and other beneficial microorganisms in plant-microbe interactions for sustainable agriculture. *Horticulturae*, v. 10, n. 6, p. 621, 2024. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10060621>.

NWACHUKWU, B. C.; AYANGBENRO, A. S.; BABALOLA, O. O. Elucidating the rhizosphere associated bacteria for environmental sustainability. **Agriculture**, v. 11, n. 1, p. 75, 2021. <https://doi.org/10.3390/agriculture11010075>.

OUKALA, N.; AISSAT, K.; PASTOR, V. Bacterial endophytes: The hidden actor in plant immune responses against biotic stress. **Plants**, v. 10, n. 5, p. 1012, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10051012>.

PRASAD, M.; CHAUDHARY, M.; CHOUDHARY, M.; KUMAR, T. K.; JAT, L. K. Rhizosphere microorganisms towards soil sustainability and nutrient acquisition. In: **Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture: Volume I: Plant-soil-microbe nexus**. Singapore: Springer Singapore, 2017. p. 31-49. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5589-8_2.

PRASAD, M.; SRINIVASAN, R.; CHAUDHARY, M.; MAHAWER, S. K.; JAT, L. K. Endophytic bacteria: Role in sustainable agriculture. In: **Microbial endophytes**. Woodhead Publishing, 2020. p. 37-60. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818734-0.00003-6>.

SANTOS, M. L. D.; BERLITZ, D. L.; WIEST, S. L. F.; SCHÜNEMANN, R.; KNAAK, N.; FIUZA, L. M. Benefits associated with the interaction of endophytic bacteria and plants. **Brazilian archives of biology and technology**, v. 61, p. e18160431, 2018. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2018160431>.

SANTOYO, G.; MORENO-HAGELSIEB, G.; OROZCO-MOSQUEDA, M. D. C.; GLICK, B. R. Plant growth-promoting bacterial endophytes. **Microbiological research**, v. 183, p. 92-99, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.11.008>.

SCHLINDWEIN, G.; VARGAS, L. K.; LISBOA, B. B.; AZAMBUJA, A. C.; GRANADA, C. E.; GABIATTI, N. C.; PRATES, F.; STUMPF, R. Influência da inoculação de rizóbios sobre a germinação e o vigor de plântulas de alface. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 658-664, 2008.

SIDDIQUE, S.; NAVEED, M.; YASEEN, M.; SHAHBAZ, M. Exploring potential of seed endophytic bacteria for enhancing drought stress resilience in maize (*Zea mays* L.). **Sustainability**, v. 14, n. 2, p. 673, 2022. <https://doi.org/10.3390/su14020673>.

SZILAGYI-ZECCHIN, V. J.; IKEDA, A. C.; HUNGRIA, M.; ADAMOSKI, D.; KAVA-CORDEIRO, V.; GLIENKE, C.; GALLI-TERASAWA, L. V. Identification and characterization of endophytic bacteria from corn (*Zea mays* L.) roots with biotechnological potential in agriculture. **Amb Express**, v. 4, p. 26, 2014. <https://doi.org/10.1186/s13568-014-0026-y>.

TODD, O. E.; FIGUEIREDO, M. R.; MORRAN, S.; SONI, N.; PRESTON, C.; KUBEŠ, M. F.; NAPIER, R.; GAINES, T. A. Synthetic auxin herbicides: finding the lock and key to weed resistance. **Plant Science**, v. 300, p. 110631, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110631>.