

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 31/01/2026 | aceito: 02/02/2026 | publicação: 04/02/2026**

**Potencial de bactérias solubilizadoras de fósforo como promotoras de crescimento de plantas de milho**

*Potential of phosphorus-solubilizing bacteria as growth promoters for corn plants*

**Ismail Teodoro de Souza Junior** – Centro Universitário de Várzea Grande,  
[teodoro.junior@univag.edu.br](mailto:teodoro.junior@univag.edu.br)

**Roberto Aparecido Chicarolli Junior** - Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG

**Pedro Afonso Souza Silva** - Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG

**Larissa Freitag** - Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG

**Debora Curado Jardini** - Centro Universitário de Várzea Grande - UNIVAG

## **Resumo**

O manejo intensivo e a dependência de fertilizantes fosfatados em sistemas agrícolas, como o milho, tem elevado significativamente os custos de produção. Como alternativa, a utilização de microrganismos solubilizadores de fósforo tem se destacado como uma estratégia biotecnológica sustentável, visando a otimização da biodisponibilidade do fósforo no solo. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da inoculação de bactérias previamente selecionadas com capacidade de solubilização de fósforo, sobre a promoção de crescimento de plantas de milho. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Campo Experimental da UNIVAG, em delineamento inteiramente casualizado, com 11 tratamentos, sendo eles nove isolados bacterianos VG09, VG27, VG42, VG46, VG47, VG68, VG82, VG89, VG91, adubação (NPK), sem adubação fosfatada (NK) e a testemunha sem adubação, com cinco repetições. Aos 40 dias após a emergência, foram avaliados os seguintes parâmetros: comprimento radicular (cm), altura de plantas (cm), diâmetro do colmo (mm), peso fresco e seco da parte aérea e das raízes (g). O isolado VG09 e o tratamento com NPK apresentaram os melhores desempenhos em seis dos sete parâmetros avaliados, seguidos pelos isolados VG27 e VG91, que se destacaram em cinco parâmetros. Os resultados demonstram que a aplicação de tecnologias fundamentadas em microrganismos benéficos é uma rota promissora para a agricultura moderna. A utilização de bactérias solubilizadoras de fosforo não só viabiliza o incremento da produtividade do milho, como também oferece um meio de reduzir a dependência de insumos químicos, fomentando a adoção de sistemas de produção mais estáveis, eficientes e competitivos.

**Palavras-Chave:** fosfatases, *Bacillus*, inoculantes

## **Abstract**

Intensive management and dependence on phosphate fertilizers in agricultural systems, such as corn, have significantly increased production costs. As an alternative, the use of phosphorus-solubilizing microorganisms has emerged as a sustainable biotechnological strategy, aiming to optimize phosphorus bioavailability in the soil. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of inoculating previously selected bacteria with phosphorus-solubilizing capacity on promoting corn plant growth. The experiment was conducted in a greenhouse at the UNIVAG Experimental Field, in a completely randomized design, with 11 treatments: nine bacterial isolates (VG09, VG27, VG42, VG46, VG47, VG68, VG82, VG89, and VG91), NPK fertilization, and a control without fertilization, with five replicates. Forty days after emergence, the following parameters were evaluated: root length (cm), plant height (cm), stem diameter (mm), and fresh and dry weight of shoots and roots (g). Isolate VG09 and the NPK treatment performed best in six of the seven parameters evaluated, followed by isolates VG27 and VG91, which excelled in five. The results demonstrate that the application of technologies based on beneficial microorganisms is a promising path for modern agriculture. The use of phosphorus-solubilizing bacteria not only increases corn productivity but also offers a means to reduce dependence on chemical inputs, encouraging the adoption of more stable, efficient, and

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 31/01/2026 | aceito: 02/02/2026 | publicação: 04/02/2026**

competitive production systems.

**Keywords:** phosphatases, *Bacillus*, inoculants

## INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) apresenta grande importância no cenário mundial, devido múltiplos propósitos de uso, servindo desde fonte de alimento para humanos e animais, até matéria-prima para diversos produtos industrializados (OKUMURA; MARIANO; ZACCHEO, 2011). Os Estados Unidos, China e Brasil são os maiores produtores mundiais do milho. No Brasil este cereal é considerado um dos mais importantes produtos da agricultura com uma produção de 298,41 milhões de toneladas na safra de 2023/2024 (CONAB, 2024).

Para que a demanda de consumo do milho seja atendida, o sistema de produção depende do reabastecimento das reservas de nutrientes que são removidas para a manutenção ou mesmo incremento da produtividade. Atualmente, esse abastecimento é efetuado por meio da adição de fertilizantes químicos. Dentre os fertilizantes químicos, os nitrogenados e fosfatados destacam-se pelo seu uso intensivo. No entanto, estes fertilizantes apresentam uma baixa eficiência de aproveitamento pelas plantas, resultando em altas taxas de aplicação com consequente degradação do meio ambiente (MOTES, 2010).

Diante do exposto, há uma grande procura por sistemas agrícolas que preconizam a sustentabilidade e agregação de valor aos seus produtos. Entre as alternativas para atender esta demanda destaca-se a utilização de produtos biológicos. A adoção destes insumos viabiliza a substituição parcial de fertilizantes químicos minerais, impactando diretamente na reversão do custo de produção. Dentre os insumos biológicos destaca-se o uso de microrganismos promotores do crescimento de plantas (MPCP) (BHATTACHARYYA e JHA, 2012).

Depois do nitrogênio, o fósforo (P) é o nutriente mais limitante para o desenvolvimento das plantas (BARROTI e NAHAS, 2000). É um elemento essencial para o estabelecimento e desenvolvimento, pois melhora todo o sistema radicular e, consequentemente, a parte aérea (GONÇALVES et al., 2000). Sua deficiência causa redução do crescimento e da produção, menor perfilhamento, comprometimento da floração e da granação das espigas e atraso na maturação (NAHAS, 1991).

O P é um macronutriente de grande importância para o crescimento das plantas, desempenhando um papel fundamental em processos metabólicos, como a fotossíntese e a formação de moléculas de energia (ATP). Todavia, a maior parte deste elemento presente nos solos brasileiros se encontra adsorvida, ou seja, aderido à argila e óxidos de Fe e Al (SOUZA e LOBATO, 2004). Desta forma, para garantir a produção das culturas, deve-se aplicar doses elevadas de fertilizantes fosfatados solúveis, o que elevam os custos de produção, além de promover a dependência da importação de fertilizantes minerais fosfatados (OLIVEIRA PAIVA et al., 2021).

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 31/01/2026 | aceito: 02/02/2026 | publicação: 04/02/2026**

Pavinato e colaboradores (2020), relatam que aplicações excessivas de fertilizantes fosfatados solúveis têm proporcionado um acúmulo de P no solo, formas menos lábeis, isto é, não prontamente disponíveis para as plantas. Uma estratégia alternativa para disponibilizar esse P residual para as plantas é a utilização de microrganismos solubilizadores de fosfatos, esses são capazes de formar associações com as raízes das plantas e solubilizar as formas de P menos lábeis do solo, estratégia que pode reduzir a demanda por fertilizantes minerais (PAVINATO et al., 2021).

A solubilização de fósforo no solo através do uso de bactérias solubilizadoras ocorre por meio de diferentes mecanismos bioquímicos. Esses microrganismos são capazes de secretar ácidos orgânicos, como ácido cítrico, ácido oxálico e ácido acético, que têm a capacidade de solubilizar fosfatos insolúveis presentes no solo, transformando-os em formas solúveis e assimiláveis pelas plantas (RODRÍGUEZ; FRAGA, 1999). Além disso, as bactérias solubilizadoras de fosfato também podem liberar enzimas fosfatas, que catalisam a hidrólise de ligações fosfato em compostos orgânicos e inorgânicos, aumentando a disponibilidade de fósforo para as plantas (RICHARDSON; SIMPSON, 2011).

Entretanto, apesar do potencial promissor desses microrganismos, há desafios a serem superados para sua aplicação prática na cultura do milho no Brasil. Esses desafios incluem a seleção de microrganismos eficazes para as diferentes condições edafoclimáticas do país, a formulação de inoculantes viáveis e a compreensão das interações complexas entre essas bactérias, o milho e o solo (SANTOS et al., 2020). Embora haja evidências demonstrando os benefícios das bactérias solubilizadoras de fósforo em diferentes culturas, o conhecimento científico sobre o modo ideal de aplicação, dosagem e impactos específicos na cultura do milho ainda é limitado, pesquisas aprofundadas são essenciais para preencher essas lacunas e fornecer orientações práticas para os agricultores

Em um ambiente agrícola cada vez mais competitivo, os agricultores precisam adotar práticas que otimizem os rendimentos e os custos de produção, compreender o modo de aplicação eficaz de bactérias solubilizadoras de fósforo podem contribuir para a competitividade e sustentabilidade das operações agrícolas. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inoculação de bactérias pré-selecionadas com capacidade de solubilizar fósforo na promoção de crescimento de plantas de milho.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado em casa de vegetação localizada no Campo Experimental do Centro Universitário de Várzea Grande (UNIVAG). Primeiramente foi realizada análise do solo por meio de amostras compostas, onde foram verificados os teores de nutrientes disponíveis no solo através da análise química, para saber situação do solo e para realizar a correção de acordo com a

Ano VI, v.1 2026 | submissão: 31/01/2026 | aceito: 02/02/2026 | publicação: 04/02/2026  
análise (Quadro 1).

**Quadro 1.** Análise química do solo experimental do Centro Universitário de Várzea Grande–UNIVAG, na profundidade de 0 a 20 cm. Várzea Grande, Mt, 2025.

Prof.	pH	pH	mg dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>				g dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>				
0 a 20	H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	P	K	Ca	Mg	Al	H	H + Al	M.O.	Areia	Silte	Argila
Cm	6,5	5,8	30,5	60,8	1,07	0,59	0,0	0,9	0,9	4,71	826	66	108
Zn		Cu			Fe			Mn		B		S	
mg dm <sup>-3</sup>													
3,90			1,30			93,10			27,58		0,36		9,42

Em vasos de 20 litros contendo solo do campo experimental realizou-se o plantio das sementes de milho com 3 sementes por vasos da variedade AG7088PRO, que foram microbiolizadas por 30 minutos com suspensões ( $OD_{600}=0,5$ ) dos isolados bacterianos pré-selecionados por solubilizar fósforo (SOUZA JUNIOR et al., 2024), sendo eles: VG09, VG27, VG42, VG46, VG47, VG68, VG82, VG89, VG91, além de uma testemunha com adubação fosfatada (NPK), outra sem adubação fosfatada (NK) e uma testemunha sem adubação. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 12 tratamentos e cinco repetições por tratamento.

Após a germinação, foi deixado somente uma planta por vaso. Toda a capina foi realizada de forma manual do decorrer dos dias, e a irrigação foi realizado de forma automática pelos aspersores da casa de vegetação.

As avaliações foram realizadas aos 40 dias após a emergência, sendo avaliados os seguintes parâmetros de crescimento: comprimento de raiz (cm), mensurado com auxílio de uma régua, altura de plantas (cm) com o auxílio de régua, calculado com base no nível do solo até o ápice foliar da última folha expandida (cm), diâmetro de colmo (mm) obtido com uso de um paquímetro tomando-se como medida o segundo internódio a partir da base da planta, peso fresco das raízes (g) e da parte aérea (g), mensuradas em balança analítica e peso seco das raízes e parte aérea (g) para isso, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para estufa à 65 °C por 72 horas, posteriormente as amostras foram também pesadas em balança analítica. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) através do programa estatístico SASM-AGRI, sendo a comparação entre as médias, realizada pelo teste de Scott Knott ( $p<0,05$ ) (CANTERI et al., 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os resultados para avaliação da promoção de crescimento de plantas de milho, verificou-se que para todos os parâmetros de crescimento de plantas analisados houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 1).

**Tabela 1.** Avaliação da promoção de crescimento de plantas de milho em casa de vegetação por parâmetros de crescimento como comprimento da raiz (CR) (cm), Altura (ALT) (cm), Peso fresco

Ano VI, v.1 2026 | submissão: 31/01/2026 | aceito: 02/02/2026 | publicação: 04/02/2026

da raiz (PFRA), Peso seco raiz (PSRA) (g), Peso fresco parte aérea (PFPA) (g), Peso seco da parte aérea (PSPA) (g) e diâmetro de colmo (DC) (mm). Várzea Grande, MT, 2025.

Tratamentos	CR (cm)	PFRA (g)	PSRA (g)	ALT (cm)	DC (mm)	PFPA (g)	PSPA (g)
<b>Sem adubação</b>	37,8 c	184,2 b	57,54 b	125,4 c	22,44 c	220 c	44,94 b
<b>NK</b>	39,6 c	209,8 b	76,96 a	140,2 b	24,12 b	270 b	55,36 b
<b>NPK</b>	47,0 b	305,4 a	79,98 a	153,8 a	25,26 a	300 a	62,14 a
<b>VG09</b>	56,0 a	332,8 a	61,52 b	154,2 a	26,43 a	340 a	64,38 a
<b>VG24</b>	40,2 c	188,6 b	59,40 b	152,2 a	23,75 b	320 a	52,76 b
<b>VG27</b>	43,2 c	336,6 a	88,38 a	156,0 a	23,95 b	290 a	66,82 a
<b>VG68</b>	42,2 c	296,0 a	78,84 a	154,2 a	24,25 b	290 a	58,28 b
<b>VG82</b>	40,6 c	311,0 a	89,86 a	154,4 a	22,82 c	260 b	55,22 b
<b>VG89</b>	39,2 c	196,0 b	80,08 a	152,4 a	23,72 b	270 b	56,32 b
<b>VG91</b>	38,8 c	264,2 a	79,96 a	154,0 a	24,50 b	320 a	69,38 a
<b>CV(%)</b>	7,42	27,6	19,22	5,03	4,24	11,25	13,94

Em relação ao parâmetro de comprimento de raiz, observa-se que o tratamento com a bactéria VG09 apresentou o maior valor médio, atingindo 56 cm, seguido do tratamento com adubação com NPK, com média de 47 cm, os demais tratamentos não diferiram entre si. O isolado bacteriano VG09 proporcionou incrementos de 48% e 19% no comprimento radicular, em relação aos tratamentos sem adubação e o tratamento sem adubação fosfatada, respectivamente.

Souza Júnior e colaboradores (2024a) desenvolvendo trabalho com soja, verificaram que os isolados VG09, VG27, VG68, VG89 e VG91, apresentaram incrementos no comprimento de raiz, o que corrobora com os resultados encontrados neste estudo. Já na cultura no algodão, destaque para os isolados VG24, VG27, VG42, VG47, VG68 e VG82 que proporcionaram maiores comprimentos de raízes (SOUZA JÚNIOR et al., 2024b). Se observa que pode estar ocorrendo uma interação mais específica entre os isolados e as espécies vegetais testadas, no entanto, testes de colonização radicular com as diferentes espécies vegetais e os isolados bacterianos deverão ser realizados para melhor entendimento.

Saharan e Nehra (2011) observaram que espécies de *Bacillus* contribuíram para melhoria de diferentes parâmetros de raiz, tal como o enraizamento, comprimento de raízes e teor de matéria seca, e que a inoculação com isolados produtores de AIA (ácido indolacético) aumentou a absorção de alguns nutrientes, promovendo o crescimento da batata-doce e maior enraizamento de mudas de eucalipto.

De acordo como Cassán et al. (2009), a promoção de crescimento de plantas por bactérias se dá pelo fato de ocorrer estímulos para produção de hormônios vegetais, ocorrendo alterações no sistema radicular tais como aumento seja no volume ou no tamanho da raiz. Possivelmente os isolados

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 31/01/2026 | aceito: 02/02/2026 | publicação: 04/02/2026**

deste estudo que proporcionaram maiores tamanhos de raízes produzem esses hormônios, no entanto, novos testes devem ser realizados para confirmação desta característica.

Para o parâmetro PFRA observa-se que, os maiores valores médios foram registrados nos tratamentos VG27, VG09, VG82, NPK, VG68 e VG91. Estes tratamentos em média apresentaram incrementos de 67% e 46,65% em relação a testemunha sem adubação e o tratamento sem adubação fosfatada, respectivamente. Os isolados bacterianos VG09, VG27, VG68, VG89 e VG91 proporcionaram maiores peso fresco de raiz quando testados em plantas de soja (SOUZA JÚNIOR et al., 2024), o que corrobora com os resultados encontrados neste estudo. Além disso, na cultura do algodão, os isolados bacterianos VG24, VG27, VG68 e VG82, também se destacaram por apresentarem maiores pesos frescos de raiz (SOUZA JÚNIOR et al., 2025).

Na avaliação dos resultados para o PSRA, obtido após a secagem em estufa e pesagem, observou-se que os tratamentos bacterianos VG82, VG27, VG89, VG68, VG91 e os tratamentos com adubação NPK e NK, obtiveram os maiores pesos, com média de 87 g, sendo que o incremento no PSR proporcionado por este grupo, em relação à testemunha, foi de 51%. Os isolados bacterianos VG27 e VG91 também se destacaram para este parâmetro quando avaliados em plantas de soja (SOUZA JÚNIOR et al., 2024). Já na cultura do algodão resultado semelhante a este estudo foi encontrado quando se utilizou os isolados VG27, VG68 e VG82 (SOUZA JÚNIOR et al., 2025).

De acordo com os dados para o parâmetro de altura de planta, observou-se que os tratamentos VG09, VG24, VG27, VG68, VG82, VG89, VG91 e NPK, obtiveram as maiores médias, não diferiram entre si, resultando em um valor médio de 153,9 cm. Quando comparados com testemunha (sem adubação) e o tratamento sem adubação fosfatada, observou-se um incremento de 23% e 9,8% na altura das plantas, respectivamente do colmo.

Esse resultado foi semelhante ao encontrado por Lobo (2018) em que a inoculação com diferentes bactérias endofíticas do gênero *Bacillus*, demonstrou ser eficiente para a promoção do crescimento de plantas de milho tanto em casa de vegetação, quanto em condição de campo. Patten & Glick (1996) sugerem que a entrada adicional de AIA microbiano pode modificar a auxina endógena para nível ótimo ou acima do ótimo, resultando na indução ou inibição do crescimento da planta. A resposta da auxina depende do estágio de desenvolvimento da raiz da planta, o qual influí na composição e quantidade dos exsudatos liberados pela raiz (PILET et al., 1979).

Para o PFPA, verificou-se que os tratamentos VG09, VG24, VG27, VG68, VG91 e adubação com NPK, apresentaram as maiores médias de peso, com média de 310 g. Em comparação com a testemunha sem adubação e sem adubação fosfatada esses tratamentos apresentaram incrementos de 41% e 15%, respectivamente. Já para o PSPA, os tratamentos VG09, VG27, VG91 e adubação com NPK, apresentaram as maiores médias, com incremento médio de 46% e 18,6 em relação a testemunha sem adubação e sem adubação fosfatada, respectivamente.

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 31/01/2026 | aceito: 02/02/2026 | publicação: 04/02/2026**

Guerra e colaboradores (2024) observaram que *B. subtilis* via semente + uma aplicação via solo em milho aos 90 DAE se sobressaiu para variável MSPA (média dos quadrados dos tratamentos), quando comparado aos demais tratamentos testados, proporcionando maior incremento de massa seca da parte aérea. Segundo Machado et al. (2020), ao realizar aplicação de *B. subtilis* em plantas de milho houve aumento significativo no crescimento do sistema radicular e no acúmulo e partição de biomassa pela planta. Podendo atribuir que esse incremento se deve à produção de alguns hormônios por parte dessas bactérias, tais como o ácido indolacético (AIA), responsável pela regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas e indolbutírico (AIB), responsável por estimular formação de raízes secundárias.

Para o parâmetro de diâmetro do colmo, resultando numa diferença grande entre os outros parâmetros. De forma mais clara, os tratamentos NPK e VG09 foram os melhores resultados com média de 25,84 mm, tornando-se em média 12,43% superior aos tratamentos com as menores médias (Sem adubação e VG82), já em comparação aos demais tratamentos, foram 6,96% superiores.

Os dados obtidos neste estudo sobre DC são respaldados pelos apresentados por Inagaki et al. (2015) e Cecatto Júnior et al. (2019), que mencionaram aumentos favoráveis no colmo de plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasiliense* e *Herbaspirillum seropedicae*. Esses autores atribuíram esse incremento ao fornecimento de hormônios vegetais, resultando em maior capacidade de absorção de nutrientes e acúmulo de reservas e, consequentemente, melhor desenvolvimento do caule, o que contribui para a redução de quebras e acamamento e aumento do armazenamento de fotoassimilados.

De modo geral avaliando todos os parâmetros de crescimento de plantas de milho, observa-se que o isolado VG09 e o tratamento com NPK, se destacaram por proporcionarem maiores médias para seis dos sete parâmetros de crescimento avaliados, seguidos dos isolados VG27 e VG91 que se destacaram para cinco dos sete parâmetros avaliados. É importante salientar que para muitos parâmetros as médias foram similares ou maiores que o tratamento com NPK. Além disso, esses três isolados apresentaram ação fungicida contra o fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (SOUZA JÚNIOR, 2024).

Santos et al. (2017) apontam que *B. aryabhattai* é um microrganismo benéfico capaz de incrementar a biomassa radicular na cultura do milho e em genótipos de cana-de-açúcar. Segundo Vieira (2017), as bactérias promotoras de crescimento de plantas podem contribuir para o desenvolvimento do vegetal tanto pela fixação de N<sub>2</sub>, quanto pelo aumento da solubilização de fosfato, controle de fitopatógenos e produção de fitormônios que promovem o desenvolvimento e crescimento da raiz, principalmente a auxina, aumentando a absorção de água e de nutrientes, consequentemente, a planta passa a ter maior resistência em situações de estresse como deficiência hídrica.

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 31/01/2026 | aceito: 02/02/2026 | publicação: 04/02/2026**

Os resultados indicam que determinadas bactérias foram capazes de promover aumentos nos parâmetros de crescimento de plantas de milho comparáveis ou superiores àqueles observados no tratamento com adubação NPK. Esse desempenho destaca seu potencial como promotoras de crescimento vegetal e possíveis agentes de biocontrole. Tais achados reforçam a importância de estudos adicionais para a elucidação dos mecanismos envolvidos e o desenvolvimento de estratégias de manejo mais sustentáveis.

Com base nos resultados obtidos, a utilização de bactérias solubilizadoras de fósforo apresentou efeito promissor na promoção de crescimento de plantas de milho, promovendo melhorias significativas em parâmetros como comprimento de raiz, massa fresca e seca das raízes, altura de planta, diâmetro do colmo e massa da parte aérea. Os isolados bacterianos VG09, VG27 e VG91 se destacaram em diferentes variáveis, superando inclusive o tratamento adubado com NPK em alguns casos, o que evidencia o potencial desses microrganismos como bioestimulantes no cultivo do milho. Tais resultados reforçam que o uso de inoculantes microbianos pode ser uma alternativa sustentável e economicamente viável à adubação fosfatada convencional, principalmente em solos com baixa disponibilidade de fósforo.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O isolado VG09 e o tratamento com NPK, se destacaram entre os tratamentos por proporcionarem maiores médias para seis dos sete parâmetros de crescimento avaliados, seguidos dos isolados VG27 e VG91 que se destacaram para cinco dos sete parâmetros avaliados.

Apesar dos resultados promissores, é importante destacar a necessidade de mais estudos, especialmente em condições de campo e com análises de produtividade em longo prazo, para que se possa recomendar de forma segura o uso desses microrganismos no manejo nutricional da cultura do milho.

Por fim, os dados obtidos contribuem para o avanço do conhecimento sobre práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes, alinhadas com os princípios da agricultura sustentável e de baixo impacto ambiental. A adoção de tecnologias baseadas em microrganismos benéficos representa um caminho promissor para o aumento da produtividade e redução dos custos com insumos químicos, favorecendo sistemas agrícolas mais resilientes e competitivos.

## **REFERÊNCIAS**

BARROTI, G.; NAHAS, E. *População microbiana total e solubilizadora de fosfato em solo submetido a diferentes sistemas de cultivo*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 10, p. 2043-2050, 2000.

BHATTACHARYYA, P. N.; JHA, D. K. *Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture*. World Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 28, n. 4, p. 1327-1350, 2012.

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 31/01/2026 | aceito: 02/02/2026 | publicação: 04/02/2026**

CANTERI, J. M. et al. *Manual do programa SASm-Agri: análise estatística e genética de experimentos agrícolas*. Jaboticabal: FUNEP, 2001.

CASSÁN, F. et al. *Azospirillum brasiliense Az39 and Bradyrhizobium japonicum E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (Zea mays L.) and soybean (Glycine max L.)*. European Journal of Soil Biology, v. 45, n. 1, p. 28-35, 2009.

CECATTO JÚNIOR, A. G. et al. *Resposta do milho à inoculação com bactérias promotoras de crescimento vegetal: efeitos no diâmetro do colmo e acamamento*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 54, n. 5, p. 456-463, 2019.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. Brasília: CONAB, 2024.

GONÇALVES, J. J. M. et al. *Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 310-350.

GUERRA, L. F. et al. *Aplicação de Bacillus subtilis em milho: efeitos na massa seca da parte aérea e variáveis agronômicas*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 48, e0240002, 2024.

INAGAKI, E. et al. *Efeito da inoculação com Azospirillum brasiliense e Herbaspirillum seropediae no crescimento e desenvolvimento do milho*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 200-210, 2015.

LOBO, L. L. B. *Potencial de bactérias endofíticas na promoção do crescimento em plantas de milho*. 2018. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2018.

MACHADO, A. C. et al. *Efeito do Bacillus subtilis no crescimento do sistema radicular e biomassa de milho*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 55, e01987, 2020.

MOTES, F. *Eficiência dos fertilizantes e impactos ambientais*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, n. 3, p. 567-575, 2010.

NAHAS, E. *Ciclo do fósforo: transformações microbianas*. Jaboticabal: FUNEP, 1991.

OLIVEIRA PAIVA, C. A. et al. *Estratégias para o uso eficiente de fósforo na agricultura brasileira*. Revista Ciência Agronômica, v. 52, n. 4, p. 1-10, 2021.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. A. *A cultura do milho no Brasil: importância econômica e avanços tecnológicos*. Informativo Abramilho, Brasília, v. 12, n. 2, p. 25-32, 2011.

PATTEN, C. L.; GLICK, B. R. *Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid*. Canadian Journal of Microbiology, v. 42, p. 207-230, 1996.

PILET, P. E.; ELLIOTT, M. C.; MOLONEY, M. M. *Endogenous and exogenous auxin in the control of root growth*. Planta, v. 146, n. 4, p. 405-408, 1979.

PAVINATO, P. S. et al. *Dinâmica do fósforo no solo em sistemas agrícolas*. Informações Agronômicas, n. 171, p. 1-10, 2020.

**Ano VI, v.1 2026 | submissão: 31/01/2026 | aceito: 02/02/2026 | publicação: 04/02/2026**

PAVINATO, P. S. et al. *Manejo biológico do fósforo: contribuição dos microrganismos solubilizadores*. Revista Plantio Direto, v. 170, p. 24-28, 2021.

RICHARDSON, A. E.; SIMPSON, R. J. *Microrganismos do solo mediando a disponibilidade de fósforo: atualização sobre fósforo microbiano*. Fisiologia Vegetal, v. 156, n. 3, p. 989-996, 2011.

RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R. *Bactérias solubilizadoras de fosfato e seu papel na promoção do crescimento das plantas*. Avanços em Biotecnologia, v. 17, n. 4-5, p. 319-339, 1999.

SAHARAN, B. S.; NEHRA, V. *Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review*. Life Sciences and Medicine Research, v. 21, p. 1-30, 2011.

SANTOS, V. L. C. et al. *Uso de microrganismos solubilizadores de fosfato no cultivo de milho*. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 15, n. 3, p. 497-502, 2020.

SANTOS, M. A. et al. *Bacillus aryabhattai: efeitos na biomassa radicular de milho e cana-de-açúcar*. Revista Brasileira de Microbiologia Aplicada, São Paulo, v. 49, n. 2, p. 123-130, 2017.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. *Correção do solo e adubação da cultura do feijoeiro*. In: SANTOS, A. B.; ZIMMERMANN, F. J. P. (org.). *Feijão: fatores que afetam a produtividade*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p. 111-140.

SOUZA JÚNIOR, I. T. et al. *Prospecção de bactérias solubilizadoras de fósforo, promotoras de crescimento de plantas de soja e biocontroladoras do fungo Sclerotinia sclerotiorum*. Connection Line – Revista Eletrônica do Univag, v. 31, p. 185-202, 2024.

SOUZA JÚNIOR, I. T. et al. *Avaliação do efeito de rizobactérias solubilizadoras de fosfato na promoção de crescimento de plantas de algodão*. Revista FT, v. 29, n. 148, p. 1-16, 2025.

VIEIRA, R. F. *Bactérias promotoras de crescimento de plantas: mecanismos e aplicações em agricultura sustentável*. Ciência Rural, v. 47, n. 9, e20170584, 2017.