

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
CENTRO DE EXCELÊNCIA EM BIOINSUMOS  
COORDENAÇÃO DE CAPACITAÇÃO EM BIOINSUMOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *lato sensu* EM BIOINSUMOS  
IF GOIANO CAMPUS CERES**

**DANILO FERREIRA SILVA**

**O PAPEL DAS BACTÉRIAS PRODUTORAS DE ÁCIDO  
INDOLACÉTICO (AIA) NO ENRAIZAMENTO E CRESCIMENTO  
VEGETAL**

**CERES - GO**

**2026**

**DANILO FERREIRA SILVA**

**O PAPEL DAS BACTÉRIAS PRODUTORAS DE AIA (ÁCIDO INDOLACÉTICO)  
NO ENRAIZAMENTO E CRESCIMENTO VEGETAL**

Monografia apresentada à Banca Examinadora do Programa de pós-graduação lato sensu em Bioinsumos. Instituto Federal Goiano como exigência parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Patrícia Rasteiro Ordiale Oliveira  
Coorientador: Esp. Valdivino Aparecido Straioto Cordeiro

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

S586 Ferreira Silva, Danilo  
O PAPEL DAS BACTÉRIAS PRODUTORAS DE AIA  
(ÁCIDO INDOLACÉTICO) NO ENRAIZAMENTO E  
CRESCIMENTO VEGETAL / Danilo Ferreira Silva. Ceres

16f.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Patrícia Rasteiro Ordiale Oliveira.  
Tcc (Especialista) - Instituto Federal Goiano, curso de 0330426 -  
Especialização em Bioinsumos - Ceres (Campus Ceres).  
1. Ácido Indolacético. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 2/2026 - GPPI/CMPCE/IFGOIANO

**Regulamento de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) 3 CEBIO/IF Goiano**

**ANEXO V - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO**

Aos **vinte e sete dias** do mês de **março** de **dois mil e vinte e seis**, às **15 horas**, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: **Profa. Dra. Patricia Rasteiro Ordiale Oliveira (orientadora)**, **Profa. Dra. Cássia Cristina Rezende Mirza (membro interno)** e **Profa. Dra. Kassia Cristina de Caldas Rabelo (membro interno)**, para examinar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado **O Papel das Bactérias Produtoras de AIA no Enraizamento e Crescimento Vegetal** de **Danilo Ferreira Silva**, estudante do curso de Especialização em Bioinsumos do IF Goiano – Campus Ceres, sob Matrícula nº **2024103304260006**. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, em seguida houve arguição do candidato pelos membros da Banca Examinadora. Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Campus, 27 de Março de 2026.

*(Assinado eletronicamente)*

**Profa. Dra. Patricia Rasteiro Ordiale Oliveira**  
Orientadora

*(Assinado eletronicamente)*

**Profa. Dra. Cássia Cristina Rezende Mirza**  
Membro da Banca Examinadora

*(Assinado eletronicamente)*

**Profa. Dra. Kassia Cristina de Caldas Rabelo**  
Membro da Banca Examinadora

Documento assinado eletronicamente por:

- **Patricia Rasteiro Ordiale Oliveira**, **BIOLOGO**, em 30/03/2026 15:20:42.
- **Kassia Cristina de Caldas Rabelo**, **ENGENHEIRO-AREA**, em 30/03/2026 15:27:20.
- **Cássia Cristina Rezende Mirza**, **2024210020001 - Discente**, em 30/03/2026 15:36:15.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 27/03/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

**Código Verificador:** 804986  
**Código de Autenticação:** 063915c14d



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Ceres

Rodovia GO-154, Km 03, SN, Zona Rural, CERES / GO, CEP 76300-000  
(62) 3307-7100

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

<input type="checkbox"/> Tese (doutorado)	<input type="checkbox"/> Artigo científico
<input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado)	<input type="checkbox"/> Capítulo de livro
<input checked="" type="checkbox"/> Monografia (especialização)	<input type="checkbox"/> Livro
<input type="checkbox"/> TCC (graduação)	<input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento
<input type="checkbox"/> Produto técnico e educacional - Tipo:	<input type="text"/>
Nome completo do autor:	Matrícula:
<input type="text" value="Danilo Ferreira Silva"/>	<input type="text" value="2024103304260006"/>
Título do trabalho:	
<input type="text" value="O PAPEL DAS BACTÉRIAS PRODUTORAS DE ÁCIDO INDOLACÉTICO (AIA) NO ENRAIZAMENTO E CRESCIMENTO VEGETAL"/>	

### RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: //

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local

//


Data

Documento assinado digitalmente  
 DANILLO FERREIRA SILVA  
Data: 29/04/2026 19:12:49 -0300  
Verifique em <https://validar.if-go.br>

Assinatura do autor ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente  
 PATRICIA BASTARDI ORLANDI OLIVEIRA  
Data: 29/04/2026 22:23:33 -0300  
Verifique em <https://validar.if-go.br>

**DANILO FERREIRA SILVA**

**O PAPEL DAS BACTÉRIAS PRODUTORAS DE AIA NO ENRAIZAMENTO E  
CRESCIMENTO VEGETAL**

Monografia apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação lato sensu em Bioinsumos Campus Ceres da IF Goiano como exigência parcial para a obtenção do título de Especialista em Bioinsumos.

Uruaçu, GO 13 de Abril de 2026.

**BANCA EXAMINADORA**

.....  
Profª. Dra. Patrícia Rasteiro Ordiale Oliveira  
Orientadora (IF Goiano)

.....  
Profª. Dra. Cássia Cristina Rezende Mirza  
Membo da Banca Examinadora (IF Goiano)

.....  
Profª. Dra. Kassia Cristina de Caldas Rabelo  
Membo da Banca Examinadora (IF Goiano)

"Dedico este trabalho à minha família, meu maior alicerce e fonte de inspiração. Aos meus pais, que sempre acreditaram em mim e me ensinaram o valor da perseverança. Ao meu irmão, pelo companheirismo e por tornarem a vida mais leve. O amor e o apoio de vocês foram essenciais para que este sonho se tornasse realidade."

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por estar presente em todos os momentos, iluminando meu caminho e me dando fé para nunca desistir. Este TC é um testemunho de sua infinita graça e providência.

À minha amada família, que sempre esteve ao meu lado. Vocês são meu porto seguro. Aos meus pais, pela confiança, paciência e por serem o maior exemplo de dedicação que conheço. Agradeço por cada palavra de incentivo e por cada abraço que me deu coragem.

Este trabalho é uma vitória que compartilhamos juntos.

Agradeço também às instituições que, com seu fundamental apoio, tornaram esta escrita e pesquisa possíveis: a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), a Fundação de Apoio à Pesquisa (FUNAPE/UFG), o Instituto Federal Goiano (IF Goiano) e o Centro de Excelência em Bioética (CEBIO), por todo o suporte e incentivo à ciência e à educação



*“Na vida, nós devemos ter raízes, e não âncoras.  
Raiz alimenta, âncora imobiliza.”*

Mario Sergio Cortella

## **BIOGRAFIA DO ALUNO**

Danilo Ferreira Silva, Engenheiro Agrônomo é pós-graduando em Bioinsumos pelo Instituto Federal Goiano, Campus Ceres. A revisão bibliográfica está focada no estudo de bactérias produtoras de AIA (Ácido Indolacético), tema que evidencia o potencial da auxina na promoção do desenvolvimento vegetal. Por meio desta pesquisa, pretende-se ampliar a compreensão sobre o uso de microrganismos promotores de crescimento vegetal, contribuindo para o avanço científico e para o fortalecimento de práticas mais sustentáveis no setor agropecuário.

## RESUMO

O ácido indolacético (AIA) é a principal auxina natural envolvida na regulação do crescimento e desenvolvimento vegetal. Nos últimos anos, a atenção da comunidade científica tem se voltado para o uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCVs), especialmente aquelas capazes de produzir AIA, como alternativa sustentável para estimular a germinação, o enraizamento e o desenvolvimento de diferentes espécies vegetais. Esta revisão reúne evidências de estudos que demonstram a eficácia dessas bactérias em diversas culturas agrícolas e espécies vegetais, incluindo hortaliças e plantas propagadas por estacas ou por micropropagação. Entre os microrganismos mais citados na literatura destacam-se espécies dos gêneros *Rhizobium*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Pantoea*, *Burkholderia* e *Azospirillum*, reconhecidas por sua capacidade de sintetizar AIA e promover o crescimento vegetal. Os resultados analisados indicam que, quando bem selecionadas, essas bactérias apresentam potencial para melhorar o desenvolvimento radicular, favorecer a absorção de nutrientes e contribuir para o aumento do vigor das plantas, podendo reduzir parcial ou totalmente o uso de insumos sintéticos. Entretanto, alguns estudos indicam que concentrações excessivas de AIA podem provocar efeitos fisiológicos negativos, evidenciando a importância do manejo adequado desses microrganismos. Conclui-se que o uso racional de bactérias produtoras de AIA representa uma estratégia promissora para o fortalecimento da agricultura sustentável, especialmente em sistemas produtivos com menor disponibilidade de insumos tecnológicos.

Palavras-chave: Ácido indolacético, Bactérias promotoras de crescimento, Auxinas. Enraizamento, biofertilizantes.

## ABSTRACT

Indoleacetic acid (IAA) is the main natural auxin involved in regulating plant growth-promoting bacteria. In recent years, the scientific community has focused its attention on the use of plant growth-promoting bacteria (PGPB), especially those capable of producing IAA, as a sustainable alternative to stimulate germination, rooting, and development in different plant species. This review brings together evidence from studies demonstrating the effectiveness of these bacteria in various agricultural crops and plant species, including vegetables and plants propagated by cuttings or micropropagation. Among the microorganisms most cited in the literature are species of the genera *Rhizobium*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Pantoea*, *Burkholderia*, and *Azospirillum*, recognized for their ability to synthesize IAA and promote plant growth. The results analyzed indicate that, when well selected, these bacteria have the potential to improve root development, promote nutrient absorption, and contribute to increased plant vigor, potentially reducing the use of synthetic inputs partially or totally. However, some studies indicate that excessive concentrations of IAA can cause negative physiological effects, highlighting the importance of proper management of these microorganisms. It is concluded that the rational use of IAA-producing bacteria represents a promising strategy for strengthening

Keywords: Indoleacetic acid. Plant growth-promoting bacteria, Auxins, Rooting, Biofertilizers.

## LISTA DE SIGLAS

AIA	– Ácido Indolacético
AIB	– Ácido Indolbutírico
BPCVs	– Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2.	OBJETIVOS.....	2
3.	MATERIAL E MÉTODOS .....	3
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	5
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	14
5	REFERÊNCIAS.....	15

# 1. INTRODUÇÃO GERAL

As bactérias associadas às plantas, especialmente aquelas presentes na rizosfera, desempenham papel fundamental no crescimento e no desenvolvimento vegetal. Essas bactérias são conhecidas como bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCVs) e podem beneficiar as plantas por meio de diferentes mecanismos, como a fixação biológica de nitrogênio, solubilização de nutrientes e produção de substâncias reguladoras de crescimento. Entre esses mecanismos, destaca-se a produção de fitohormônios, que atuam diretamente na regulação dos processos fisiológicos das plantas e na promoção do desenvolvimento vegetal .

Dentre os fitohormônios associados à promoção do crescimento vegetal, o ácido indolacético (AIA) destaca-se como a principal auxina presente nas plantas. Esse hormônio vegetal exerce papel essencial no crescimento e desenvolvimento das plantas, atuando no alongamento celular e na regulação de diversos processos fisiológicos. Além disso, o AIA estimula a formação de raízes adventícias e o crescimento do sistema radicular, contribuindo para maior eficiência na absorção de água e nutrientes e para o estabelecimento inicial das plantas (LANA et al., 2017).

Embora o AIA seja produzido naturalmente pelas plantas, diversos microrganismos associados à rizosfera também possuem a capacidade de sintetizar esse fitohormônio. Entre os principais gêneros bacterianos capazes de produzir AIA destacam-se *Azospirillum*, *Herbaspirillum*, *Burkholderia* e *Rhizobium*, que utilizam principalmente o aminoácido triptofano como precursor na biossíntese desse composto . A produção bacteriana de AIA pode estimular o crescimento vegetal ao promover maior desenvolvimento do sistema radicular, aumento da formação de pelos radiculares e maior exploração do solo pelas raízes, favorecendo a absorção de água e nutrientes.

Nesse contexto, a interação entre plantas e bactérias produtoras de AIA tem despertado grande interesse na agricultura moderna, uma vez que esses microrganismos apresentam potencial para serem utilizados como bioinsumos capazes de promover o crescimento vegetal e contribuir para sistemas agrícolas mais sustentáveis . Assim, o estudo dessas bactérias e de sua capacidade de produção de ácido indolacético torna-se relevante para o desenvolvimento de estratégias biotecnológicas voltadas à melhoria do desempenho das culturas agrícolas.

## 2. OBJETIVOS

**GERAL:** Analisar o papel das bactérias produtoras de *ácido indolacético* (AIA) no enraizamento e no crescimento vegetal, destacando seus benefícios agrônômicos, com base em evidências da literatura científica.

**ESPECÍFICOS:**

- a) Identificar e caracterizar os principais gêneros e espécies de bactérias produtoras de ácido indolacético (AIA) relatados na literatura;
- b) Classificar as bactérias produtoras de AIA quanto à sua origem, distinguindo aquelas de ambiente rizosférico e endofítico;
- c) Analisar os benefícios da utilização de bactérias produtoras de AIA na promoção do crescimento e desenvolvimento vegetal;
- d) Relacionar os diferentes grupos de plantas estudados com os gêneros bacterianos associados, analisando a especificidade da interação planta-microrganismo na produção de ácido indolacético (AIA).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O ácido indolacético (AIA) é a principal auxina envolvida no crescimento e desenvolvimento vegetal, destacando-se por estimular o alongamento celular, a formação de raízes adventícias e a eficiência na absorção de nutrientes. Além de ser produzido pelas próprias plantas, esse fitohormônio também pode ser sintetizado por bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCVs), que utilizam o triptofano como precursor metabólico. A produção bacteriana de AIA fortalece a interação entre planta e microrganismo, promovendo maior vigor radicular, melhor absorção de nutrientes e contribuindo para o desenvolvimento geral das plantas.

Nesse contexto, os inoculantes microbianos à base de bactérias produtoras de AIA configuram-se como uma alternativa sustentável ao uso de reguladores sintéticos, uma vez que a produção desse fitohormônio por microrganismos está associada à promoção do crescimento vegetal, especialmente pelo estímulo ao desenvolvimento radicular e pela melhoria do desempenho das plantas (LANA et al., 2013; MATTIUZZI et al., 2022).

O presente trabalho caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de caráter exploratório sobre a produção de ácido indolacético (AIA) por bactérias associadas a plantas e sua relevância nos processos de crescimento e desenvolvimento vegetal. A construção do estudo foi realizada por meio da busca de artigos científicos publicados nas bases de dados Google Scholar, SciELO, Web of Science, PubMed e Scopus. As buscas foram realizadas no período aproximado de Julho 2025 a Dezembro 2025, contemplando estudos relevantes sobre bactérias promotoras de crescimento vegetal e produção de fitohormônios.

Foram utilizados descritores e combinações de palavras-chave em português e inglês, entre eles: “ácido indolacético”, “indole-3-acetic acid”, “IAA”, “bactérias promotoras de crescimento”, “plant growth-promoting bacteria”, “PGPB”, “rizobactérias”, “rhizobacteria”, “interação planta-bactéria”, “efeito do ácido indolacético em raízes” e “inoculação de bactérias produtoras de ácido indolacético”.

Os critérios utilizados para a seleção dos artigos incluíram: estudos que abordassem a produção de AIA por bactérias; e pesquisas que apresentassem resultados relacionados aos efeitos dessas bactérias no crescimento e desenvolvimento das plantas. Dessa forma, foram considerados apenas trabalhos que contribuísssem diretamente para a

compreensão do papel das bactérias produtoras de AIA na promoção do crescimento vegetal.

Os dados relacionados aos bioinsumos foram coletados por meio do aplicativo Bioinsumos, desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, disponível para dispositivos móveis. A consulta foi realizada na versão 3.0.6 do aplicativo, para iPhone (EMBRAPA, 2025), no período de julho de 2025 a setembro de 2025, ferramenta que reúne informações sobre microrganismos registrados para uso agrícola no Brasil. A partir dessa plataforma, foram identificadas bactérias promotoras de crescimento vegetal associadas a diferentes culturas agrícolas, com destaque para microrganismos com potencial de produção de ácido indolacético (AIA), os quais foram posteriormente organizados e analisados neste estudo. A consulta ao aplicativo também evidencia que o mercado brasileiro já dispõe de uma diversidade de microrganismos registrados para uso agrícola, demonstrando a consolidação dessa tecnologia no país e contribuindo para a ampliação do acesso a práticas agrícolas mais sustentáveis, com menor dependência de insumos químicos convencionais.

As bactérias consideradas neste trabalho foram selecionadas com base na análise da literatura científica sobre bactérias promotoras de crescimento vegetal, priorizando microrganismos associados à rizosfera ou ao interior dos tecidos vegetais. A seleção concentrou-se em bactérias reconhecidas por apresentar mecanismos benéficos ao desenvolvimento vegetal, especialmente a produção de fitohormônios, com destaque para o ácido indolacético, além de efeitos positivos sobre a germinação, o enraizamento e o crescimento inicial das plantas. Essa abordagem permitiu reunir microrganismos com potencial agrônomo e relevância científica coerentes com os objetivos do estudo, bem como com sua aplicação em sistemas agrícolas mais sustentáveis.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos analisados evidenciam que o ácido indolacético (AIA) desempenha um papel central no enraizamento e no desenvolvimento de plantas, atuando de forma eficaz tanto quando aplicado exogenamente quando sintetizado por microrganismos associados ao sistema radicular. Essa produção hormonal por bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCVs) estimula o desenvolvimento das raízes laterais e adventícias, aumentando a superfície de absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, elevando o vigor e o desempenho das plantas (MATTIUSZI et al., 2022).

No estudo conduzido com *Dahlia sp.*, a avaliação do crescimento da planta ocorreu mediante a suplementação do meio de cultura *Murashige e Skoog* (MS) modificado com diferentes concentrações de ácido indolacético (AIA). Para isso, explantes nodais obtidos a partir de plântulas cultivadas in vitro foram inoculados em meio semissólido contendo o regulador de crescimento, visando observar as respostas do material vegetal às variações hormonais introduzidas (JIMÉNEZ-MARIÑA et al., 2019).

Embora a suplementação do meio de cultura com AIA tenha demonstrado efeitos positivos no desenvolvimento das plantas de *Dahlia sp.*, esse tipo de aplicação representa uma estratégia baseada na adição exógena do regulador vegetal. Em comparação, a produção de AIA por bactérias promotoras de crescimento vegetal pode apresentar vantagens agrônômicas importantes, pois esses microrganismos são capazes de sintetizar o fitohormônio continuamente na região da rizosfera ou no interior dos tecidos vegetais. Dessa forma, enquanto a aplicação direta de AIA promove respostas fisiológicas pontuais no desenvolvimento radicular, o uso de bactérias produtoras de AIA pode proporcionar um estímulo mais constante ao crescimento vegetal, além de contribuir simultaneamente para outros processos benéficos, como a solubilização de nutrientes e a fixação biológica de nitrogênio.

No trabalho de Navarro Sarría et al. (2010), realizado com a espécie *Gardenia jasminoides*, foram observados resultados positivos com o uso de ácido indolacético (AIA) no processo de enraizamento de estacas. Nesse estudo, o regulador vegetal foi aplicado por diferentes formas, incluindo imersão das estacas na solução de AIA, aplicação direta no substrato e aplicação combinada na estaca e no substrato. O AIA

utilizado foi um regulador de crescimento vegetal preparado em solução na concentração de 100 mg L<sup>-1</sup>, sendo aplicado diretamente no material vegetal. Os resultados demonstraram que as estacas subapicais tratadas com AIA apresentaram 100% de enraizamento aos 45 dias, além de aumento no número e na qualidade das raízes formadas. Observou-se ainda que o uso do regulador permitiu reduzir em aproximadamente 15 dias o período necessário para a obtenção de mudas aptas à adaptação, quando comparado às estacas não tratadas. A aplicação por imersão apresentou eficiência ligeiramente menor em relação à aplicação direta na estaca e no substrato, porém mostrou-se mais econômica, indicando que a escolha do método deve considerar tanto a eficiência do enraizamento quanto a viabilidade econômica da técnica (NAVARRO SARRÍA et al., 2010).

Além do uso direto de reguladores vegetais, a produção de ácido indolacético (AIA) por microrganismos de interesse agrícola tem despertado crescente atenção na literatura científica. Estudos conduzidos com bactérias diazotróficas endofíticas associadas ao arroz demonstraram que todos os isolados avaliados apresentaram capacidade de produzir AIA em meio de cultura, com destaque para *Azospirillum brasilense*, que apresentou os maiores níveis de produção desse fitohormônio. Outros isolados bacterianos também apresentaram produção significativa de AIA, além de outras cepas bacterianas isoladas de raízes de arroz, evidenciando a ampla capacidade dessas bactérias em sintetizar compostos indólicos em meio de cultura. Adicionalmente, essas bactérias apresentam potencial para realizar a fixação biológica de nitrogênio, destacando-se espécies como *Azospirillum brasilense* e *Azospirillum lipoferum*, que apresentaram os maiores valores de nitrogênio total no estudo, indicando uma dupla contribuição ao crescimento vegetal por meio da produção de fitohormônios e do suprimento de nutrientes essenciais às plantas (KUSS et al., 2007).

A presença contínua de bactérias produtoras de AIA no rizoplano ou no interior dos tecidos vegetais configura uma alternativa potencialmente mais sustentável ao uso do regulador vegetal aplicado de forma exógena, uma vez que esses microrganismos podem atuar como fonte biológica de fitohormônios capazes de estimular o crescimento e o desenvolvimento das plantas. O ácido indolacético produzido por rizobactérias atua em conjunto com o AIA endógeno da planta, influenciando diretamente o crescimento radicular e ampliando a área de exploração das raízes no solo (MATTIUZZI et al., 2022).

Nesse contexto, o uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal destaca-se

como uma alternativa biológica para estimular o desenvolvimento das plantas, uma vez que esses microrganismos são capazes de produzir fitohormônios como o ácido indolacético e favorecer o crescimento radicular. Entretanto, a capacidade de produção de AIA pode variar entre diferentes isolados bacterianos, influenciando diretamente o efeito promovido nas plantas. Além disso, fatores como as condições ambientais, as características do solo e a interação com a planta hospedeira podem interferir no desempenho dessas bactérias em condições de cultivo (SILVA et al., 2017).

Com base nas informações disponíveis no aplicativo Embrapa Bioinsumos, foi elaborado um levantamento das bactérias promotoras de crescimento vegetal associadas a diferentes culturas agrícolas.

**Tabela 1 - Relação entre bactérias promotoras de crescimento (produtos) e culturas agrícolas cadastradas na base Embrapa Bioinsumos.**

<b>Cultura</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Bactérias (produtos)</b>
Abacate	<i>Persea americana</i>	<i>Bradyrhizobium elkanii</i>
Abacaxi	<i>Ananas comosus</i>	<i>Bradyrhizobium elkanii</i>
Acácia	<i>Acacia spp.</i>	<i>Bradyrhizobium elkanii</i>
Acácia	<i>Acacia spp.</i>	<i>Mesorhizobium amorphae</i>
Alface	<i>Lactuca sativa</i>	<i>Bacillus pumilus</i>
Alface	<i>Lactuca sativa</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
Alfafa	<i>Medicago sativa</i>	<i>Sinorhizobium meliloti</i>
Algodão	<i>Gossypium hirsutum</i>	<i>Bradyrhizobium elkanii</i>
Amendoim	<i>Arachis hypogaea</i>	<i>Bradyrhizobium sp.</i>
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	<i>Bradyrhizobium elkanii</i>
Braquiária brizantha	<i>Urochloa brizantha</i>	<i>Bradyrhizobium elkanii</i>
Braquiária brizantha	<i>Urochloa brizantha</i>	<i>Azospirillum brasilense</i>
Cana-de-açúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	<i>Nitrospirillum amazonense</i>
Cana-de-açúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	<i>Azospirillum brasilense</i>
Centrosema	<i>Centrosema pubescens</i>	<i>Bradyrhizobium elkanii</i>
Cornichão	<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Mesorhizobium amorphae</i>
Crotalaria juncea	<i>Crotalaria juncea</i>	<i>Bradyrhizobium elkanii</i>
Ervilha	<i>Pisum sativum</i>	<i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>bv. viciae</i>
Eucalipto	<i>Eucalyptus spp.</i>	<i>Frauteria aurantia</i>
Feijão	<i>Phaseolus vulgaris</i>	<i>Rhizobium tropici</i>
Feijão	<i>Phaseolus vulgaris</i>	<i>Pantoea agglomerans</i>
Grão-de-bico	<i>Cicer arietinum</i>	<i>Mesorhizobium ciceri</i>
Jacarandá-da-baía	<i>Dalbergia nigra</i>	<i>Bradyrhizobium elkanii</i>
Lentilha	<i>Lens culinaris</i>	<i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>bv. viciae</i>
Milho	<i>Zea mays</i>	<i>Azospirillum brasilense</i>
Soja	<i>Glycine max</i>	<i>Bradyrhizobium</i> <i>japonicum</i>

Soja	<i>Glycine max</i>	<i>Bradyrhizobium elkanii</i>
Trevo vermelho	<i>Trifolium pratense</i>	<i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>bv. trifolii</i>
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>	<i>Azospirillum brasilense</i>

Fonte: Elaborado a partir de dados do aplicativo Embrapa Bioinsumos (EMBRAPA, 2024).

A Tabela 1 apresenta a relação entre bactérias promotoras de crescimento vegetal e as culturas agrícolas cadastradas no aplicativo Embrapa Bioinsumos. Os dados mostram a diversidade de microrganismos utilizados como bioinsumos em diferentes culturas agrícolas, florestais e forrageiras.

Entre os microrganismos identificados, destacam-se bactérias dos gêneros *Bradyrhizobium*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Rhizobium* e *Mesorhizobium*. O gênero *Bradyrhizobium* foi o mais frequente, estando associado a várias culturas, como soja, arroz, algodão, amendoim, braquiária e crotalária.

O gênero *Azospirillum*, especialmente *Azospirillum brasilense*, foi registrado em culturas como milho, trigo, cana-de-açúcar e braquiária, sendo amplamente utilizado por seu efeito positivo no crescimento das plantas. Já as bactérias do gênero *Bacillus* foram associadas à cultura da alface, destacando-se espécies conhecidas por favorecerem o desenvolvimento vegetal.

A predominância do gênero *Bradyrhizobium* em diferentes culturas agrícolas observada na Tabela 1 pode ser explicada principalmente pela sua elevada capacidade de estabelecer associações simbióticas com diversas espécies vegetais, especialmente leguminosas. Essas bactérias são amplamente utilizadas em inoculantes agrícolas devido à sua eficiência na fixação biológica de nitrogênio, processo no qual o nitrogênio atmosférico é convertido em formas assimiláveis pelas plantas, contribuindo diretamente para a nutrição vegetal e redução do uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos. Além disso, algumas espécies desse gênero também apresentam capacidade de produzir substâncias promotoras de crescimento vegetal, como o ácido indolacético (AIA), que estimula o desenvolvimento radicular e melhora a absorção de água e nutrientes. Dessa forma, a elevada frequência de *Bradyrhizobium* em diferentes culturas reflete tanto sua eficiência agrônômica quanto sua ampla adoção em tecnologias de bioinsumos utilizadas na agricultura brasileira.

Entre os microrganismos amplamente empregados destacam-se espécies do

gênero *Bradyrhizobium*, como *Bradyrhizobium elkanii*, utilizadas em diversas culturas agrícolas, incluindo abacate, abacaxi, algodão, amendoim, arroz e soja. Também se destacam *Azospirillum brasilense*, aplicado em braquiária, cana-de-açúcar, milho e trigo, e *Mesorhizobium amorphae*, associado a espécies como acácia e cornichão. Espécies do gênero *Bacillus*, como *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus pumilus* e *Bacillus subtilis*, apresentam ampla aplicação em hortaliças, como a alface, contribuindo tanto para a promoção de crescimento vegetal quanto para o biocontrole de patógenos. Esse levantamento evidencia que diversas culturas já contam com soluções microbianas consolidadas no mercado, muitas das quais apresentam potencial para produção de AIA, o que reforça sua relevância no contexto atual de bioinsumos. O aplicativo Bioinsumos, ao reunir e disponibilizar tais informações, desempenha papel estratégico na difusão de tecnologias sustentáveis, facilitando a adoção de práticas agrícolas menos dependentes de insumos químicos.

**Tabela 2 – Relação das bactérias produtoras de ácido indolacético (AIA) isoladas de diferentes partes das plantas e do solo e seu potencial promotor de crescimento vegetal.**

<b>Bactérias</b>	<b>Plantas Cultivadas</b>	<b>Origem do Isolado</b>	<b>Citação</b>
Rhizobium sp., Phyllobacterium sp., Bacillus sp. e Agrobacterium sp.	<i>Acacia cyanophylla</i>	Rizosfera da Acacia cyanophylla	(LEBRAZI et al., 2020)
Bacillus spp. e Pseudomonas spp.	<i>Cicer arietinum</i>	Nódulos radiculares e solo da rizosfera de Cicer arietinum	LANDINA, D.; ABDIE, O.; REZENE, Y. et al. (2024)
Enterobacter spp.; Pantoea sp.; Klebsiella spp.	<i>Capsicum spp.</i>	Rizosfera de Capsicum spp.	CANCHE-IUIT et al. (2025)
Enterobacter bugandensis XY1 e Serratia marcescens X43	<i>Ipomoea aquatica</i>	Solo da rizosfera de Ipomoea aquatica	WANG, X.; CAI, D.; JI, M.; CHEN, Z.; YAO, L.; HAN, H. et al. (2022)
Pseudomonas fluorescens e Pseudomonas putida	<i>Triticum aestivum</i> e <i>Brassica napus</i>	Rizosfera de Triticum aestivum e Brassica napus	LI, X.; YAN, J.; LI, D.; JIANG, Y.; ZHANG, Y.; WANG, H.; ZHANG, J.; AHMED, T.; LI, B. et al. (2021)
Burkholderia pyrrocinia; Serratia sp.	Arroz	Rizobactérias	SOUSA, I. M.; NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M. C. C.

			et al. (2019)
B. megaterium NAP10 e B. paralicheniformis NMP13	<i>Vigna radiata e Cajanus cajan</i>	Endofíticas de nódulos e raízes de <i>Vigna radiata</i> , <i>Vigna unguiculata</i> e <i>Cajanus cajan</i>	BHUTANI, N.; MAHESHWARI, R.; KUMAR, P.; SUNEJA, P. et al. (2021)

Fonte: Elaborado pelo Danilo 2026, baseado em literatura citada e aplicativo Embrapa Bioinsumos.

A Tabela 2 apresenta bactérias produtoras de ácido indolacético (AIA) isoladas de diferentes partes das plantas, com destaque para isolados provenientes da rizosfera, de nódulos radiculares e de tecidos endofíticos. Foram identificados principalmente os gêneros *Rhizobium*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Pantoea* e *Burkholderia*, associados a diversas culturas agrícolas, evidenciando seu potencial como bactérias promotoras de crescimento vegetal.

Ao integrar os resultados das Tabelas 1 e 2, observa-se que gêneros como *Rhizobium* e *Bacillus* são recorrentes em ambas, indicando que, além de amplamente utilizados como promotores de crescimento vegetal, apresentam elevada capacidade de produção de ácido indolacético (AIA). Esses resultados reforçam a importância desses microrganismos no desenvolvimento vegetal, principalmente pelo estímulo ao crescimento radicular e pela maior eficiência na absorção de nutrientes.

Nesse contexto, o levantamento de microrganismos utilizados como bioinsumos permite compreender quais bactérias promotoras de crescimento vegetal já apresentam aplicação prática em diferentes culturas agrícolas.

Além da diversidade de gêneros bacterianos observada, a origem dos isolados também representa um fator importante para compreender o potencial dessas bactérias na promoção do crescimento vegetal. Bactérias rizosféricas atuam principalmente na região do solo próxima às raízes, onde interagem com os exsudatos radiculares e contribuem para a disponibilização de nutrientes e produção de fitohormônios, como o ácido indolacético. Por outro lado, bactérias endofíticas colonizam os tecidos internos das plantas, estabelecendo uma interação mais íntima com o hospedeiro. Essa associação pode favorecer uma produção mais estável de AIA e outros metabólitos promotores de crescimento diretamente nos tecidos vegetais, aumentando a eficiência da interação planta-microrganismo. Dessa forma, tanto bactérias rizosféricas quanto endofíticas apresentam potencial agrônomico relevante, porém diferem quanto ao local de atuação e à intensidade da interação com a planta.

Apesar de diversos estudos demonstrarem o potencial das bactérias promotoras de crescimento vegetal na produção de ácido indolacético (AIA) e no estímulo ao desenvolvimento radicular, ainda existem lacunas importantes relacionadas à eficiência dessas interações em diferentes condições ambientais. Muitos trabalhos concentram-se na identificação e caracterização de microrganismos capazes de produzir AIA, porém ainda são limitados os estudos comparativos que avaliam a estabilidade dessa produção em condições de campo ou em diferentes tipos de solo.

Outro aspecto relevante refere-se à distinção entre bactérias rizosféricas e endofíticas. Enquanto as bactérias rizosféricas atuam principalmente na região do solo próxima às raízes, dependendo diretamente das condições ambientais e da disponibilidade de nutrientes no solo, as bactérias endofíticas colonizam o interior dos tecidos vegetais, estabelecendo uma interação mais direta com a planta hospedeira. Essa característica pode favorecer uma produção mais estável de fitohormônios, como o AIA, uma vez que o ambiente interno da planta oferece maior proteção contra variações ambientais e competição microbiana.

Entretanto, ainda são escassos os estudos que comparam diretamente a eficiência desses dois grupos de microrganismos na promoção do crescimento vegetal e na entrega efetiva de AIA às plantas. Dessa forma, futuras pesquisas devem focar na avaliação comparativa entre bactérias rizosféricas e endofíticas, considerando diferentes culturas agrícolas, condições de solo e estratégias de inoculação, a fim de compreender melhor o potencial desses microrganismos para o desenvolvimento de bioinsumos mais eficientes e adaptados a diferentes sistemas produtivos.

Assim, a integração dos resultados experimentais com o uso prático de inoculantes no Brasil mostra que o AIA, seja aplicado diretamente ou produzido por microrganismos, tem efeito positivo no enraizamento, na formação de mudas mais fortes e no aumento do potencial produtivo das culturas agrícolas. Essa prática, aliada ao uso de catálogos oficiais como ferramenta de orientação, ajuda a consolidar os bioinsumos como uma alternativa viável, sustentável e estratégica para a agricultura moderna.

(Lebrazi et al., 2020) observaram que as bactérias do solo ao redor das raízes, como *Rhizobium sp.*, *Phyllobacterium sp.*, *Bacillus sp.* e *Agrobacterium sp.*, têm grande potencial para ajudar no crescimento das plantas. Isso ocorre porque elas conseguem liberar fósforo do solo e produzir o hormônio AIA, que estimula o desenvolvimento das raízes e das partes aéreas. No estudo, *Rhizobium sp.* foi a espécie que mais produziu AIA,

enquanto *Bacillus sp.* foi a mais eficiente na liberação de fósforo. Juntas, essas bactérias mostraram ser boas alternativas para substituir parte dos fertilizantes químicos e tornar o cultivo mais ecológico e produtivo (Lebrazi et al., 2020).

Landina et al. (2024) destacaram que as bactérias *Bacillus spp.* e *Pseudomonas spp.* também apresentaram alta capacidade de produzir AIA, além de captar nitrogênio do ar e liberar fósforo do solo. Em testes com o grão-de-bico, 27 tipos de bactérias se destacaram por aumentar o crescimento das plantas, especialmente os isolados GAC-118 e GAC-91. *Bacillus sp.* se sobressaiu na produção de AIA e liberação de fósforo, enquanto *Pseudomonas sp.* foi mais eficiente em captar nitrogênio e estimular o crescimento das raízes. Esses resultados reforçam o uso dessas bactérias como adubos naturais em leguminosas.

Wang et al. (2022) isolaram dois tipos de bactérias *Enterobacter bugandensis* XY1 e *Serratia marcescens* X43 capazes de ajudar no crescimento das plantas e reduzir a presença de metais pesados no solo. Essas bactérias foram encontradas em solos contaminados com cádmio e chumbo e conseguiram diminuir a absorção desses metais pelas plantas, tornando o solo menos tóxico. As plantas tratadas com essas bactérias apresentaram maior biomassa e solos com pH mais equilibrado, mostrando o potencial dessas espécies tanto para melhorar o crescimento das plantas quanto para recuperar solos contaminados.

Li et al. (2021) estudaram cinco tipos de bactérias encontradas em solos degradados na China: *Pantoea dispersa*, *Pantoea ananatis*, *Burkholderia arboris* e *Burkholderia pyrrocinia*. Todas elas conseguiram liberar fósforo, captar nitrogênio, produzir substâncias benéficas e sintetizar AIA. Essas bactérias melhoraram o crescimento da berinjela, aumentando o peso e o comprimento das raízes em relação às plantas não tratadas. Isso mostra que elas podem ser usadas como adubos naturais multifuncionais, melhorando solos empobrecidos e ajudando a produção de hortaliças de forma sustentável.

Bhutani et al. (2021) pesquisaram bactérias que vivem dentro das plantas, associadas a raízes e nódulos de leguminosas como *Vigna radiata*, *Vigna unguiculata* e *Cajanus cajan*. Foram identificadas várias bactérias com capacidade de liberar fósforo, captar nitrogênio e produzir AIA. Entre elas, *Bacillus megaterium* e *Bacillus paralicheniformis* se destacaram por promover grande aumento no crescimento das plantas testadas. Essas bactérias têm potencial para serem usadas como adubos naturais, especialmente em sistemas agrícolas orgânicos e na recuperação de solos degradados.

De forma geral, os estudos mostram que diferentes espécies de bactérias produtoras de AIA têm papel importante no crescimento das plantas. Essas bactérias ajudam a liberar nutrientes do solo, estimulam o desenvolvimento das raízes e favorecem a formação de plantas mais vigorosas. Além disso, contribuem para a recuperação de solos degradados e reduzem a necessidade de fertilizantes químicos. Dessa forma, o uso de bactérias produtoras de AIA como bioinsumos representa uma alternativa sustentável e promissora para melhorar a produtividade e a saúde das culturas agrícolas.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em cenários adversos, como solos degradados ou com histórico de estresse químico, a escolha do inoculante deve considerar o tipo de interação estabelecida entre microrganismo e planta. Bactérias endofíticas apresentam vantagem nesse contexto, pois colonizam o interior dos tecidos vegetais, onde encontram maior proteção contra variações ambientais. Essa característica favorece uma produção mais estável de metabólitos promotores de crescimento, como o ácido indolacético (AIA), uma vez que o fitohormônio é liberado diretamente no interior da planta, reduzindo perdas por degradação no solo.

Por outro lado, bactérias rizosféricas, como espécies dos gêneros *Azospirillum* e *Bradyrhizobium*, embora amplamente utilizadas e eficientes na promoção do crescimento vegetal, dependem diretamente das condições do solo para estabelecer suas interações com as raízes. Em ambientes muito pobres ou degradados, essas populações microbianas podem sofrer maior competição com outros microrganismos ou serem afetadas por estresses químicos, o que pode resultar em variações na produção e disponibilidade de AIA para as plantas.

Além da relevância científica, os resultados discutidos neste trabalho apresentam importante aplicação prática para o setor agrícola. O uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal capazes de produzir ácido indolacético (AIA) representa uma alternativa sustentável para os produtores, pois contribui para o desenvolvimento radicular das plantas, melhora a absorção de água e nutrientes e pode reduzir a dependência de fertilizantes químicos. Dessa forma, a utilização de bioinsumos baseados em microrganismos benéficos pode favorecer sistemas produtivos mais eficientes, economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis, especialmente em um contexto de crescente busca por práticas agrícolas de menor impacto ambiental.

Dessa forma, em áreas com histórico de degradação, a recomendação técnica tende a priorizar inoculantes com elevada capacidade de colonização endofítica ou formulações em consórcio microbiano. Essa estratégia possibilita combinar a exploração da rizosfera com a colonização interna da planta, garantindo tanto o estímulo hormonal quanto o desenvolvimento radicular, mesmo sob condições ambientais desfavoráveis.

## 5 REFERÊNCIAS

- BHUTANI, N.; MAHESHWARI, R.; KUMAR, P.; SUNEJA, P. Isolation and characterization of plant growth promoting endophytic bacteria associated with legumes and their potential in sustainable agriculture. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 40, p. 1-13, 2021.
- CANCHE-IUIT, L. et al. Plant growth-promoting rhizobacteria associated with *Capsicum* spp. and their role in indole-3-acetic acid production and plant development. **Agronomy**, v. 15, n. 1, p. 1-15, 2025.
- EMBRAPA. Bioinsumos: catálogo de bioinsumos registrados no Brasil. Aplicativo móvel. Brasília: Embrapa, 2024. Disponível em: <https://bioinsumos.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 12 ago. 2025.
- FERRARI, E. et al. Potencial de bactérias produtoras de auxinas na promoção do crescimento de mudas de bananeira micropropagadas. **Scientific Electronic Archives**, v. 11, n. 4, p. 1-7, 2018.
- JIMÉNEZ-MARIÑA, L. et al. Efecto de diferentes concentraciones de ácido indolacético (AIA) en el enraizamiento in vitro de *Dahlia* sp. **Cultivos Tropicales**, v. 40, n. 1, p. 1-11, 2019.
- KUSS, A. V. et al. Fixação de nitrogênio e produção in vitro de ácido indolacético por bactérias diazotróficas endofíticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1459-1465, 2007.
- LANDINA, D.; ABDIE, O.; REZENE, Y. et al. Plant growth-promoting bacteria associated with chickpea (*Cicer arietinum*) and their potential for nitrogen fixation, phosphorus solubilization and IAA production. **Scientific Reports**, v. 14, p. 1-12, 2024.
- LATSAGUE, M. et al. Actividad de AIA oxidasa en estacas de especies del género *Nothofagus*. **Bosque**, v. 28, n. 2, p. 139-141, 2007.
- LEBRAZI, S. et al. Plant growth-promoting rhizobacteria isolated from *Acacia cyanophylla* rhizosphere and their potential for improving plant growth. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 1-12, 2020.
- LI, X.; YAN, J.; LI, D.; JIANG, Y.; ZHANG, Y.; WANG, H.; ZHANG, J.; AHMED, T.; LI, B. et al. Plant growth-promoting bacteria isolated from degraded soils and their potential for improving plant growth and soil fertility. **Microbiological Research**, v. 242, p. 126-134, 2021.
- MATTIUZZI, P. H. P.; VENDRUSCOLO, E. C. G.; SANTOS, M. F. Caracterização do teor de ácido indol-3-acético em frações de inoculante e seu efeito no crescimento vegetal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, e73044, 2022.

SARRÍA, B. N. et al. Efecto del ácido indolacético sobre el enraizamiento de las estacas de *Gardenia jasminoides* W.N. Ellis. **Centro Agrícola**, v. 37, n. 4, p. 25-30, 2010.

SILVA, T. F. et al. Bactérias diazotróficas não simbióticas e enraizamento de estacas semilenhosas de oliveira (*Olea europaea* L.). **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 61-71, 2017.

SOUSA, I. M.; NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M. C. C. et al. Plant growth-promoting rhizobacteria associated with rice and their role in improving plant development. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, p. 1-10, 2019.

WANG, X.; CAI, D.; JI, M.; CHEN, Z.; YAO, L.; HAN, H. et al. Plant growth-promoting bacteria capable of reducing heavy metal stress and improving plant growth in contaminated soils. **Environmental Pollution**, v. 302, p. 1-10, 2022.