REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

INOCULAÇÃO MICROBIANA NA CAFEICULTURA: REVISÃO SISTEMÁTICA E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA COM ÊNFASE NAS LACUNAS CIENTIFICAS RELACIONADAS A *COFFEA CANEPHORA* EM PRODUÇÃO

MICROBIAL INOCULATION IN COFFEE CULTIVATION: A SYSTEMATIC REVIEW AND BIBLIOMETRIC ANALYSIS FOCUSING ON SCIENTIFIC GAPS RELATED TO COFFEA CANEPHORA PRODUCTION

INOCULACIÓN MICROBIANA EN LA CAFICULTURA: REVISIÓN SISTEMÁTICA Y ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO CON ÉNFASIS EN LOS VACÍOS CIENTÍFICOS RELACIONADOS CON COFFEA CANEPHORA EN PRODUCCIÓN

Olielma Lopes Monteiro
Universidade Federal de Rondônia
olielmalopes@gmail.com

Murilo Torres Silva
Centro Universitário Mauricio de Nassau
murilotorresagronomiaunir@gmail.com

Erich dos Reis Duarte
Universidade do Norte Paraná
erich.r.duarte@cogna.com.br

Ademilson de Assis Dias
Universidade Federal de Rondônia
ademilson.dias@unir.br

Nícolas Alessandro de Souza Belete
Universidade Federal de Rondônia
nicolas.belete@unir.br

Naiara Meireles de Souza
Universidade Federal de Rondônia
naiara.souza@unir.br

Resumo
Este artigo tem como objetivo examinar de que forma o uso de microrganismos tem sido abordado na literatura científica internacional no contexto da cafeicultura. Para tanto, adotou-se a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) como método, conduzida segundo procedimentos metodológicos previamente definidos e relatados em conformidade como PRISMA 2020. A coleta de dados foi realizada nas bases *Scopus* e *Web of Science*, utilizando descritores em língua inglesa relacionados ao uso de microrganismos na cultura do café. Do total de 1.293 artigos inicialmente identificados, 24 foram considerados elegíveis após a aplicação das etapas de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

triagem e dos critérios de inclusão e exclusão. A análise dos dados foi conduzida por meio de métodos qualitativos de análise de conteúdo e técnicas bibliométricas, com auxílio do software *VOSviewer*, possibilitando a identificação de padrões temáticos, abordagens metodológicas e lacunas na produção científica. Os resultados indicam que o uso de microrganismos na cafeicultura tem sido abordado de forma abrangente, incluindo aplicações relacionadas à promoção do crescimento vegetal, ao controle de fitopatógenos e à indução de resistência das plantas. Entretanto, verificou-se a ocorrência de diversos estudos conduzidos em ambientes protegidos ou em condições experimentais controladas, frequentemente utilizando mudas ou plantas jovens e períodos experimentais relativamente curtos, havendo um número reduzido de pesquisas voltadas ao cafeeiro em fase de produção. Conclui-se que, embora a literatura internacional destaque a relevância do uso de microrganismos na cafeicultura, ainda persistem lacunas quanto à aplicação sistemática desses microrganismos na cafeicultura em produção. Nesse contexto, a presente pesquisa contribui para a organização do estado da arte, evidencia limitações estruturais da produção científica atual e aponta perspectivas para o progresso teórico e empírico do campo.
Palavras-chave: Uso de Microrganismos; Promotores de Crescimento; Revisão Sistemática da Literatura; Proteção de plantas; Análise Bibliométrica.

Abstract
This article aims to examine how the use of microorganisms has been addressed in the international scientific literature on coffee cultivation. A systematic literature review (SLR) was conducted using predefined methodological procedures and reported in accordance with the PRISMA 2020 guidelines. Data were collected from the Scopus and Web of Science databases using English-language search terms related to the use of microorganisms in coffee cultivation. Of the 1,293 records initially identified, 24 studies were deemed eligible following screening and the application of inclusion and exclusion criteria. Data were analysed through qualitative content analysis and bibliometric techniques, supported by VOSviewer software, enabling the identification of thematic patterns, methodological approaches, and research gaps. The results indicate that microorganisms have been investigated across a broad range of applications in coffee cultivation, including plant growth promotion, phytopathogen control, and the induction of plant resistance. However, many studies were conducted in protected environments or under controlled experimental conditions, frequently involving seedlings or young plants and relatively short experimental periods, whereas fewer studies focused on coffee plants at the productive stage. The review concludes that, although the international literature cultivation; the relevance of microorganisms in coffee cultivation, gaps remain regarding their systematic application in producing coffee plantations. This study contributes to synthesizing the state of the art, identifying structural limitations in current scientific research, and outlining directions for theoretical and empirical advances in the field.
Keywords*: Use of Microorganisms; Growth Promoters; Systematic Literature Review; Plant protection; Bibliometric analysis*

Resumen
Este artículo tiene como objetivo examinar cómo se ha abordado el uso de microorganismos en la literatura científica internacional en el contexto de la caficultura. Para ello, se adoptó la revisión sistemática de la literatura (RSL) como método, siguiendo procedimientos metodológicos previamente definidos y presentando los resultados de conformidad con las directrices PRISMA 2020. La recopilación de datos se realizó en las bases Scopus y Web of Science, utilizando descriptores en inglés relacionados con el uso de microorganismos en el cultivo del café. De los 1.293 registros inicialmente identificados, 24 estudios se consideraron elegibles tras el cribado y la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión. Los datos se analizaron mediante análisis cualitativo de contenido y técnicas bibliométricas, con el apoyo del programa VOSviewer, lo que permitió identificar patrones temáticos, enfoques metodológicos y vacíos en la producción científica. Los resultados indican que el uso de microorganismos en la caficultura se ha abordado de manera amplia, incluyendo aplicaciones relacionadas con la promoción del crecimiento vegetal, el control de fitopatógenos y la inducción de resistencia en las plantas. Sin embargo, numerosos estudios se realizaron en ambientes protegidos o bajo condiciones experimentales controladas, frecuentemente con plántulas o plantas jóvenes y durante periodos experimentales relativamente cortos, mientras que un número reducido de investigaciones se centró en cafetos en fase productiva. Se concluye que, aunque la literatura internacional destaca la relevancia del uso de microorganismos en la caficultura, persisten vacíos respecto a su aplicación sistemática en

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

cafetales en producción. En este contexto, la presente investigación contribuye a sintetizar el estado del arte, pone de manifiesto limitaciones estructurales de la producción científica actual y señala perspectivas para el avance teórico y empírico del campo.
***Palabras clave**: Uso de microorganismos; Promotores del crecimiento; Revisión sistemática de la literatura; Protección de plantas; Análisis bibliométrico.*

1. Introdução

A cafeicultura brasileira ocupa posição de liderança mundial, sendo o Brasil o maior produtor global de café responsável por aproximadamente 39% da produção mundial nas safras de 2023/24 e 2024/25, desempenhando papel determinante no desenvolvimento econômico e social das regiões produtora (Xiao; Boucher; Sexton, 2025). O Brasil ocupa posição de destaque no cenário mundial, sendo o maior produtor de *Coffea arabica* e o segundo maior de *Coffea canephora*, espécies que sustentam a relevância do país no mercado internacional de café (Conab, 2025).

O avanço da cafeicultura está associado a vários fatores entre eles o uso de clones altamente produtivos, adaptados às condições tropicais e resistentes a estresses abióticos, o que tem contribuído para o aumento da rentabilidade e a estabilidade da produção (Ferrão *et al*., 2017; Partelli *et al*., 2019). Contudo, a sustentação de elevados níveis de produtividade também requer eficiência no manejo nutricional, exigindo reposição constante de nutrientes para sustentar o potencial produtivo das plantas (Kumar *et al*., 2018).

Nesse contexto, o uso intensivo de fertilizantes minerais, ainda que garanta bons resultados agronômicos, eleva os custos de produção e pode gerar impactos ambientais significativos, como a acidificação do solo e a contaminação de corpos hídricos. Assim, torna-se essencial o desenvolvimento de estratégias biológicas de manejo, capazes de otimizar a nutrição mineral e reduzir a dependência de insumos químicos (Fasusi; Cruz; Babalola, 2021; Daniel *et al*., 2022).

A literatura destaca diversos benefícios associados à utilização de microrganismos promotores de crescimento vegetal, incluindo a fixação biológica de nitrogênio, a produção de fitormônios e a melhoria da absorção de nutrientes em diversas culturas (Cassán *et al.,* 2020; Hungria; Nogueira, 2020). Entretanto, embora os estudos envolvendo microrganismos apresentem resultados promissores, a literatura analisada nesta revisão evidencia menor representatividade de pesquisas conduzidas em condições de campo com cafeeiros adultos em produção, especificamente em *Coffea canéfora* (Urgiles-Gómez *et al.,* 2021).

Nesse contexto, a realização de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) visa organizar, analisar e sintetizar o conhecimento gerado sobre a utilização de microrganismos em lavouras cafeeiras com foco nas lacunas para de *Coffea canéfora em produção*. Assim, a adoção de uma abordagem sistemática ajuda a identificar progressos teóricos e metodológicos, mapear tendências na produção científica, destacar lacunas na pesquisa, apoiar a criação de políticas públicas e práticas operacionais mais seguras e eficientes. Além disso, esta pesquisa adota o PRISMA 2020 como diretriz para o relato das revisões sistemáticas, contribuindo para a transparência na descrição das etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos. (Galvão; Tiguman; Sarkis-Onofre, 2022; Rethlefsen *et al*., 2021).

No entanto, as evidências científicas ainda são de menor representatividade quando se trata do uso de microrganismos em lavouras de *Coffea canephora em* produção (Urgiles-Gómez *et al.,* 2021), sobretudo nas condições edafoclimáticas da Amazônia onde ainda há

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

carência de estudos e necessidade de aprofundamento científico ao que se refere a práticas que influenciem desenvolvimento e produtividade (Marcolan; Espindula, 2015).

Neste sentido, essa RSL tem como objetivo geral identificar avanços e lacunas na produção científica nacional e internacional sobre o uso de microrganismos promotores de crescimento de cafés em produção, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura. Além disso, essa pesquisa tem como objetivos específicos: (i) Identificar quais foram os estudos envolvendo o uso de microrganismos promotores de crescimento, publicados no período de janeiro de 2015 a fevereiro de 2026; (ii) Analisar os principais estudos relacionados a *Azospirillum brasilense* envolvendo o café, publicados no período de janeiro de 2015 a fevereiro de 2026; (iii) Analisar os principais estudos relacionados a *Bacillus aryabhattai* envolvendo o cafe, publicados no período de janeiro de 2015 a fevereiro de 2026; (iv) Analisar os principais os estudos relacionados a *Bacillus megaterium* envolvendo o café, publicados no período de janeiro de 2015 a fevereiro de 2026; (v) Examinar se, além das três bactérias (A*zospirillum brasilense, Bacillus aryabhattai e Bacillus megaterium)* existem outros estudos relacionados a micro-organismos envolvendo o café, publicados no período de janeiro de 2015 a fevereiro de 2026; (vi) Condensar os principais resultados da RSL a partir da aplicação do protocolo PRISMA e de técnicas bibliométricas com o uso do software VOSviewer.

Ressalta-se que, ainda que *Bacillus aryabhattai* e *Bacillus megaterium tenham sido reclassificadas taxononamicamente para o gênero Priestria em estudos recentes* (Gupta *et al.* 2020) optou-se neste trabalho utilizar a nomenclatura *Bacillus,* uma vez que ela permanece predominante na literatura cientifica quando relacionada a cultura do café.

Metodologicamente, a pesquisa utiliza uma abordagem qualitativa e descritiva, fundamentada em uma Revisão Sistemática da Literatura realizada de acordo com as orientações do PRISMA 2020 (Page *et al*., 2021). As pesquisas foram conduzidas nas bases de dados *Web of Science e Scopus*, abrangendo artigos publicados de janeiro de 2015 a fevereiro de 2026, escolhidos com base em critérios claros de inclusão e exclusão. Técnicas bibliométricas complementaram a análise dos estudos selecionados, possibilitando a identificação de redes de cocitação, palavras-chave frequentes e agrupamentos temáticos (Van Eck; Waltman, 2010).

Este artigo está organizado em cinco seções. Na primeira seção, apresenta-se a introdução do estudo. A segunda seção contempla o referencial teórico, com foco no estado da arte internacional sobre microrganismos mais especificamente *Bacillus aryabhattai, Azospirillum brasilense* e *Bacillus megaterium*. O percurso metodológico é descrito na terceira seção, que detalha o protocolo da Revisão Sistemática da Literatura, as estratégias de busca, os critérios de seleção e os procedimentos de análise bibliométrica. A quarta seção apresenta os resultados e a discussão, destacando os principais eixos temáticos identificados e as lacunas existentes na literatura. Por fim, a quinta seção é dedicada às considerações finais, nas quais são sintetizados os principais achados, discutidas as limitações do estudo e apresentadas recomendações para pesquisas futuras no campo do uso de microrganismos em *Coffea canephora* em produção.

2. Revisão da Literatura

2.1 Características e funções das bactérias *bacillus aryabhattai*, *azospirillum brasilense*

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

e do *bacillus megaterium*

As bactérias *Bacillus aryabhattai, Azospirillum brasilense* e *Bacillus megaterium* são consideradas importantes bioinsumos na cafeicultura (Basu *et al.,* 2021). Esses microrganismos podem ser compreendidos como agentes biológicos promotores do crescimento vegetal, capazes de melhorar o desenvolvimento das plantas por meio de múltiplos mecanismos fisiológicos e bioquímicos além de apresentar eficiência no controle de patógenos (Asyiah et al., 2020). Desse modo existe uma crescente busca por bioestimuladores e agentes de proteção de plantas ecologicamente corretos (Dobrzyński *et al.,* 2021). Nesse contexto, biofertilizantes, incluindo bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV), surgem como alternativas ambientalmente seguras aos insumos químicos convencionais (Pathania *et al.,* 2020).

Em sistemas de produção agrícola sustentável, as bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) desempenham papel fundamental ao melhorar o rendimento das culturas e a qualidade do solo, além de reduzir o crescimento de fitopatógenos, aliviar estresses abióticos e bióticos e aumentar a biodiversidade microbiana do solo (Santoyo *et al.,* 2021). Essas bactérias possuem uma ampla gama de características benéficas que estimulam o crescimento vegetal de forma direta e indireta, incluindo a produção de fitormônios como auxinas, por exemplo, o ácido indol-3-acético (AIA), citocininas e giberelinas, bem como a produção da enzima, 1-aminociclopropano-1-carboxilato **(**ACC) desaminase, a fixação biológica de nitrogênio atmosférico, a solubilização de fósforo, e a síntese de enzimas líticas (quitinase, celulase, protease e glucanase) (Ferrusquía-Jiménez *et al.,* 2022). Além disso, promovem a produção de sideróforos, a resistência sistêmica induzida e a síntese de lipopeptídeos antibióticos, que contribuem para a proteção das plantas contra patógenos (Miljaković; Marinković; Balešević-Tubić, 2020).

Dessa forma, os bioinsumos constituem uma estratégia promissora para o fortalecimento da agricultura sustentável ao reduzir o uso de produtos químicos e seinteticos, oferecendo benefícios que vão desde o manejo biológico de pragas e doenças até a melhoria da fertilidade e resiliência dos agroecossistemas (Silva *et al*.2024).

2.2 *Bacillus aryabhattai*: características e efeitos agronômicos

A bactéria *Bacillus aryabhattai* é reconhecida como uma rizobactéria promotora do crescimento de plantas (PGPR) (Lee; Ka; Song, 2012). É um microrganismo amplamente distribuído no solo, especialmente na rizosfera, onde exerce diversas atividades biológicas benéficas relacionadas ao desenvolvimento vegetal. Até o momento, as pesquisas sobre *B. aryabhattai* têm se concentrado principalmente em duas áreas de estudo: degradação e aplicações sintéticas e proteção e promoção do crescimento de plantas. Diversos estudos demonstram que essa espécie pode coexistir com diferentes culturas agrícolas e até mesmo estimular seu crescimento, incluindo milho, arroz, soja e outras plantas (Xiong *et al.,* 2018; Kavamura *et al.,* 2017).

Além de favorecer o desenvolvimento vegetal, *Bacillus aryabhattai* também apresenta efeitos protetores frente a estresses ambientais e contaminantes, sendo capaz de atenuar os impactos tóxicos de metais pesados como arsênio, cobre, chumbo e nitrito (Paredes-Páliz *et al.,* 2016; Singh *et al*., 2016), bem como controlar doenças de plantas (Jiang; Hu, 2016). Do ponto de vista fisiológico, essa bactéria demonstra múltiplos mecanismos de promoção de crescimento, incluindo a síntese de hormônios vegetais, como

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

o ácido indolilacético (IAA), a solubilização de fósforo e a fixação biológica de nitrogênio (Zhou *et al.,* 2017).

A cepa *Bacillus aryabhattai* SK1-7 a partir do solo rizosférico de choupo, observando sua capacidade de solubilizar potássio e estimular o crescimento vegetal (CHEN *et al*., 2020). De modo semelhante, a cepa *Bacillus aryabhattai* AIS-10, isolada do solo da rizosfera de açafrão, demonstrou solubilização de fosfato, produção de sideróforos, síntese de ácido cianídrico e atividade antagonista contra fungos fitopatogênicos in vitro (Rasool *et al.,* 2021). Já a cepa *Bacillus aryabhattai* MoB09 apresentou habilidade para degradar o herbicida Paraquat residual no solo, contribuindo simultaneamente para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Inthama *et al.,* 2021).

Em plantas de café arábica tratadas com *bacillus* como promotor de crescimento, observaram maior número de folhas e maior altura em comparação com o tratamento controle (Delgado-Torres *et al.,* 2022). Apesar do vasto potencial apresentado por espécies do gênero *Bacillus* em diferentes sistemas agrícolas, os estudos que exploram sua associação com a cultura do café ainda são limitados, indicando a necessidade de pesquisas mais aprofundadas para compreender plenamente seu papel e potencial na promoção do crescimento e manejo sustentável do cafeeiro.

Dessa forma, *Bacillus aryabhattai* destaca-se como uma rizobactéria multifuncional de alto valor biotecnológico, com potencial para aplicação como bioinsumo agrícola sustentável. Sua versatilidade permite atuação tanto na promoção do crescimento vegetal quanto no manejo biológico de patógenos, nematoides e contaminantes químicos, evidenciando seu papel promissor na agricultura moderna e ecológica (Chen *et al.,* 2022).

2.3 *Bacillus megaterium*: solubilização de fósforo e fertilidade do solo

Bacillus megaterium é uma bactéria promotora de crescimento que aumenta a disponibilidade de fósforo no solo. Esse efeito ocorre pela produção de ácidos orgânicos (por exemplo, ácido málico e quínico) que mobilizam fosfatos minerais e pela secreção de fosfatases que liberam fósforo de compostos orgânicos. Essas reações abaixam o pH ao redor das raízes e convertem formas pouco solúveis de fosfato (ligadas a Ca, Fe, Al) em formas absorvíveis. Assim, *Bacillus megaterium* complementa os processos naturais de ciclagem do P e melhora a fertilidade do solo, reduzindo a necessidade de fertilizantes fosfatados químicos (Kang *et al.,* 2014).

A solubilização de fósforo por *Bacillus megaterium* reflete-se em maior crescimento das plantas. Inoculações com esse microrganismo aumentaram significativamente o comprimento da parte aérea e da raiz, bem como o peso fresco das plantas em ensaios com mostarda (*Brassica juncea*). As plantas tratadas também apresentaram maiores teores de clorofila e açúcares solúveis, indicando metabolismo mais ativo. Em suma, *Bacillus megaterium* favorece o desenvolvimento radicular (planta mais vigorosa para absorver água e nutrientes) e o crescimento da parte aérea, evidenciando seu papel como biofertilizante de P (De Oliveira *et al.,* 2024).

Além do fósforo, *Bacillus megaterium* estimula a absorção de outros nutrientes importantes. Por exemplo, em pimentão (*Capsicum annuum*), sementes inoculadas com *Bacillus megaterium* CDK25 mostraram níveis significativamente maiores de macronutrientes (Cálcio, Magnésio, Fósforo, Potássio) e micronutrientes (Ferro, Zinco) nas folhas e frutos (Bhatt; Maheshwari, 2020). Esses dados sugerem que a melhoria na

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

disponibilidade de P promovida pela bactéria potência a assimilação de cátions essenciais, reforçando o vigor vegetal. Em geral, as plantas inoculadas com *B. megaterium* tendem a acumular mais nutrientes primários e secundários, o que se traduz em maior biomassa e sanidade das plantas tratadas (De Oliveira *et al.,* 2024).

Espera-se que os efeitos benéficos de *Bacillus megaterium* também se reflitam na produtividade do cafeeiro. Embora faltem estudos publicados especificamente em café, evidências em outras culturas indicam ganhos substanciais: por exemplo, em ensaios de campo com milho, a inoculação com *Bacillus megaterium* aumentou o rendimento de grãos em cerca de 16–24%, acompanhando elevação do teor de P nos grãos (De Oliveira *et al.,* 2024). Analogamente, em cafeeiros uma maior disponibilidade de fósforo e nutrientes no solo tende a estimular o crescimento radicular e foliar, resultando em maior número e enchimento de frutos. Dessa forma, o uso de *Bacillus megaterium* no cultivo do café poderia potencialmente contribuir na eficiência do uso de nutrientes e aumentar a produtividade e qualidade dos grãos, conforme observado com outros promotores de crescimento microbiano (Bhatt; Maheshwari, 2020).

2.4 *Azospirillum brasilense*: estímulo radicular e otimização nutricional

O gênero de rizobactérias de vida livre *Azospirillum* está amplamente distribuído em praticamente todos os solos vivos do planeta e é capaz de colonizar mais de uma centena de espécies vegetais, contribuindo significativamente para o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas (Hungria *et al.,* 2013; Pedrosa *et al.,* 2020; Santos *et al.,* 2021). Por essa razão, essas bactérias são amplamente utilizadas como bactérias promotoras do crescimento vegetal em diversas culturas ao redor do mundo (Moretti *et al.,* 2020; Pankievicz *et al.,* 2019).

A inoculação mais comum é com *Azospirillum brasilense*, e proporciona múltiplos benefícios às plantas, incluindo maior desenvolvimento radicular, aumento do vigor, melhor nutrição mineral e maior tolerância a estresses abióticos e bióticos. Esses efeitos são principalmente atribuídos a dois processos-chave: a fixação biológica de nitrogênio (FBN) e a síntese de fitormônios (Santos *et al.,* 2019). No entanto, os impactos positivos dessas bactérias vão além da FBN, já que a produção intensificada de fitormônios e outras moléculas bioativas também contribui para uma maior eficiência na absorção de nutrientes (Giri e Dudeja, 2013).

Entre os fitormônios produzidos pelo *A. brasilense*, destacam-se giberelinas, auxinas e citocininas (Fukami *et al.,* 2016), que promovem o desenvolvimento do sistema radicular, aumentando a absorção de água e nutrientes (Caires *et al.,* 2020). Além disso, o *A. brasilense* pode intensificar a atividade do nitrato redutase (Ferreira *et al.,* 1987; Pereira-Defilippi *et al.,* 2017), solubilizar fosfatos (RAFI *et al.,* 2019) e melhorar a eficiência de uso do nitrogênio aplicado via fertilizante (Galindo *et al*., 2020), entre outros efeitos benéficos.

Até o momento, a hipótese aditiva é a que melhor explica o modo de ação do *A. brasilense*, sugerindo que diversos mecanismos de promoção do crescimento vegetal atuam de forma complementar ou sequencial (Cassán *et al.,* 2020).

As plantas de café requerem grandes quantidades de nutrientes, especialmente nitrogênio (N). Na maioria dos solos tropicais, a deficiência desse nutriente torna as culturas altamente dependentes da aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos ou de fontes alternativas de nitrogênio (Paulino *et al.,* 2009). Em condições ambientais adequadas, o

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

nitrogênio atmosférico é fixado por bactérias fixadoras de nitrogênio (BFN), fornecendo parte do nitrogênio necessário para a planta (Martínez-Romero, 2009). As BFN, podem suprir a nutrição nitrogenada da planta mesmo sem a formação de nódulos nas raízes, atuando como organismos livres, endofíticos ou associativos (Baldani; Baldani, 2005).

3. Metodologia

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) constitui uma modalidade de pesquisa secundária, pois emprega estudos primários em sua análise, com o objetivo de criar fundamentos sólidos para o avanço do conhecimento e definir áreas importantes para a realização de pesquisas futuras (Oliveira *et al*., 2024). Neste estudo a RSL foi adotada como métodos central de investigação, seguindo as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) de 2020, que orientam o relato transparente das etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos, bem como a descrição dos procedimentos empregados na revisão. A adoção da RSL justifica-se pela necessidade de estruturar e analisar resultados já existentes e identificar lacunas no conhecimento, buscando gerar recomendações técnicas e científicas (Page *et al*., 2021).

A pesquisa, é de natureza qualitativa, conduzida por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e de uma analise bibliométrica. O estudo tem como objetivo mapear, organizar e analisar a produção científica sobre a inoculação microbiana na cafeicultura, identificando os principais enfoques da pesquisa, os resultados relatados e as lacunas de conhecimento, com ênfase nas evidencias disponíveis sobre *Coffea canéfora* em produção. Uma abordagem qualitativa favorece a interpretação dos conteúdos, conceitos, abordagens teóricas e metodológicas presentes nos estudos selecionados, com o entendimento de que revisões sistemáticas não se restringem à quantidade de publicações, porém buscam compreender e aprofundar sobre o do estado da arte de determinado campo científico (Snyder, 2019). De modo complementar, a pesquisa descritiva busca observar, registrar e analisar fenômenos sem interferência do pesquisador (Gil, 2017).

Portanto, a pesquisa integra a análise qualitativa de conteúdo a procedimentos bibliométricos, caracterizando-se como um estudo de síntese teórica e analítica, a condução da Revisão Sistemática da Literatura (RSL) foi orientada por procedimentos metodológicos previamente estabelecidos, enquanto o PRISMA 2020 foi adotado como diretriz para o relato transparente e sistemático das etapas de identificação, e inclusão dos estudos (Page *et al*., 2021). Desta forma, a RSL foi organizada em quatro etapas fundamentais, de acordo com o PRISMA 2020: (i) identificação dos estudos; (ii) triagem; (iii) elegibilidade; e (iv) inclusão final dos textos examinados (Page *et al*., 2021; Snyder, 2019; Rethlefsen *et al*., 2021).

Essas etapas possibilitam estruturar e documentar com rigor o processo de seleção dos estudos. Para o método adotado foram consideradas as recomendações do do PRISMA, conforme proposto por Page *et al*. (2021), e respaldadas pela tradução oficial em português publicada por Galvão; Tiguman; Sarkis-Onofre (2022). A utilização desse protocolo metodológico possibilitou classificar e selecionar artigos que, de fato, se enquadram no escopo e objetivos da presente pesquisa.

Sequencialmente, foi utilizado o VOSviewer versão 1.6.20, um software criado pelo *Centre for Science and Technology Studies* (CWTS), que é destinado à elaboração e visualização de mapas de redes bibliométricas. A utilização do VOSviewer permitiu a

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

representação visual das ligações entre autores, palavras-chave e publicações mais recorrentes nos estudos analisados, o que facilitou a identificação de agrupamentos temáticos, redes de concorrência e conexões conceituais significativas. Sua aplicação tem sido amplamente reconhecida na literatura acadêmica por sua robustez na análise bibliométrica (Van Eck; Waltman, 2010; Cwts, 2023).

Com a RSL visa-se responder algumas questões de pesquisa, sendo elas: (a) Quais foram os estudos envolvendo o uso de microrganismos promotores de crescimento, publicados no período de janeiro de 2015 a fevereiro de 2026? (b) Quais foram os estudos relacionados a *Azospirillum brasilense* envolvendo o café em produção, publicados no período de janeiro de 2015 a fevereiro de 2026? (c) Quais foram os estudos relacionados a *Bacillus aryabhattai* envolvendo o café em produção, publicados no período de janeiro de 2015 a fevereiro de 2026? (d) Quais foram os estudos relacionados a *Bacillus megaterium* envolvendo o café em produção, publicados no período de janeiro de 2015 a fevereiro de 2026? (e) Quais foram os estudos além das três bactérias (A*zospirillum brasilense, Bacillus aryabhattai e Bacillus megaterium)* relacionados a micro-organismos envolvendo o café em produção, publicados no período de janeiro de 2015 a fevereiro de 2026?

Segundo as diretrizes do PRISMA 2020, a fase de identificação envolve a definição das estratégias de busca, que compreende a seleção das bases de dados, os termos de pesquisa e os operadores booleanos a serem empregados (Page *et al*., 2021). Para esta revisão sistemática, foram feitas pesquisas nas bases *Web of Science* e *Scopus*, empregando dezesseis combinações de termos com o operador booleano "AND", resultando em um total de 16 estratégias diferentes. Os artigos analisados compreenderam o período de janeiro de 2015 até o mês de fevereiro de 2026, utilizando todos os termos de busca com as palavras em inglês.

Tabela 1, Termos de busca utilizados na RSL

Grupo 1 (termo fixo)	Operador Booleano	Grupo 2 (termos variáveis)
Coffee	*AND*	*Azospirillum Brasilense*
Coffee	*AND*	*Bacillus Aryabhattai*
Coffee	*AND*	*Priestia Aryabhattai*
Coffee	*AND*	*Bacillus Megaterium*
Coffee	*AND*	*Priestia Megaterium*
Coffee	*AND*	*Growth-promoting bactéria*
Coffee	*AND*	*Microorganisms*
Coffee	*AND*	*Rhizobacteria*
Coffea Canephora	*AND*	*Azospirillum brasilense*
Coffea Canephora	*AND*	*Bacillus aryabhattai*
Coffea Canephora	*AND*	*Priestia aryabhattai*
Coffea Canephora	*AND*	*Bacillus megaterium*
Coffea Canephora	*AND*	*Priestia megaterium*
Coffea Canephora	*AND*	*Growth-promoting bactéria*

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

Coffea Canephora	*AND*	*Microorganisms*
Coffea Canephora	*AND*	*Rhizobacteria*

Fonte: Esta pesquisa (2026).

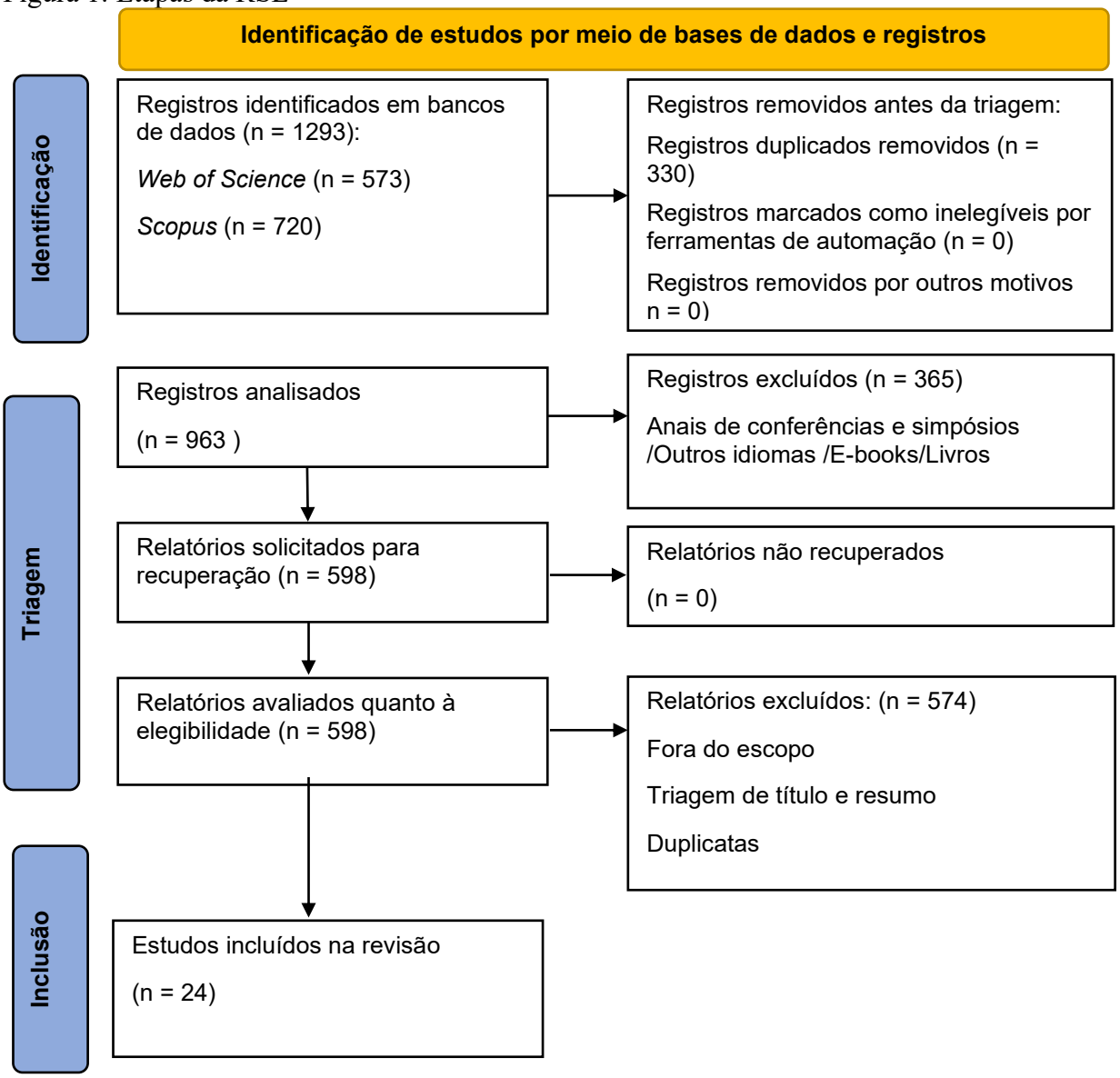
Os termos foram organizados em dois grupos: o Grupo 1, com os termos fixos *Coffee* e *Coffea Canephora* e o Grupo 2, por sua vez, agregou os termos variáveis relacionados aos microrganismos promotores de crescimento vegetal e às abordagens microbiológicas de interesse no contexto da cafeicultura. As palavras-chave do Grupo 2 consta conforme quadro acima. Essa abordagem permitiu localizar publicações alinhadas ao escopo temático da pesquisa, com foco no uso de microrganismos promotores de crescimento na cultura do café.

Nesta etapa inicial, um total de 573 estudos foram encontrados na *Web of Science* e 720 estudos no *Scopus*, totalizando 1293 artigos agrupados. Esta primeira etapa, juntamente com as outras da RSL foram ilustradas na Figura 1.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

Figura 1: Etapas da RSL



Fonte: Esta pesquisa (2026), adaptado de PAGE *et al*. (2020).

Na etapa inicial de identificação, foram localizados 1.293 registros nas bases *Web of Science* e *Scopus*. Após a reunião dos resultados, foram removidos 330 registros duplicados, provenientes da recuperação de uma mesma publicação em diferentes bases ou combinações de busca. Dessa forma, permaneceram 963 registros únicos para a etapa de triagem.

A triagem foi realizada mediante a análise das informações bibliográficas, dos títulos e dos resumos, considerando três critérios de inclusão: artigos originais, publicados em língua inglesa e submetidos à revisão por pares. Foram excluídos trabalhos que não atendiam a esses critérios, incluindo publicações provenientes de anais de congressos, simpósios e outros eventos similares. Nessa etapa, foram excluídos 365 registros, restando 598 publicações encaminhadas para recuperação e avaliação de elegibilidade.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

Na etapa de elegibilidade, as 598 publicações remanescentes foram examinadas quanto à sua conformidade com o escopo e os objetivos da pesquisa. A avaliação considerou a abordagem do uso de microrganismos benéficos na cafeicultura, observando as espécies de cafeeiro investigadas, os estádios de desenvolvimento das plantas e as aplicações dos inoculantes. Ao final dessa etapa, foram excluídas 574 publicações por estarem fora do escopo temático da revisão, permanecendo 24 estudos para inclusão na síntese final.

Os 24 estudos incluídos foram submetidos à análise qualitativa de conteúdo, considerando os grupos microbianos utilizados, as finalidades da inoculação, os estádios de desenvolvimento do cafeeiro, as condições experimentais e os resultados relatados. Foram examinadas aplicações relacionadas à promoção do crescimento vegetal, à nutrição, ao controle de fitopatógenos e à tolerância a estresses abióticos. A partir dessa análise, os artigos foram organizados em oito eixos temáticos, conforme o objetivo predominante de cada investigação, permitindo sintetizar as principais abordagens e identificar lacunas nas evidências relacionadas a Coffea canephora em produção.

Além disso, uma análise bibliométrica foi conduzida com o auxílio do software VOSviewer, o que possibilitou a identificação de padrões de concorrência de palavras-chave, redes de autores e tendências temáticas. A combinação de análise bibliométrica e análise qualitativa tem sido amplamente empregada em revisões sistemáticas recentes, pois possibilita a integração de evidências quantitativas com interpretações significativas, fortalecendo a solidez dos resultados (Van Eck; Waltman, 2010; Page *et al*., 2021).

A utilização do protocolo PRISMA 2020 como diretriz de relato contribuiu para a apresentação transparente e sistemática das etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos. O uso de bases de dados confiáveis, adoção de critérios claros de elegibilidades e a aplicação de procedimentos metodológicos estabelecidos na literatura, reforçam rigorosidade da metodologia estabelecida e garante confiabilidade, possibilitando a reprodução do estudo.

O software VOSviewer também foi utilizado de modo complementar para a criação e visualização de mapas fundamentados em redes bibliométricas, tendo como objetivo principal quantificar e analisar dados da literatura por meio de três dimensões distintas de visualização por similaridade, tais como a *network visualization*, que mostra os itens como nós conectados, evidenciando relações e proximidade entre termos; a *overlay visualization*, que utiliza cores para representar variáveis sobre o conteúdo principal como o tempo, permitindo identificar a evolução dos temas; e a *density visualization*, que destaca a concentração de itens em determinadas áreas do mapa por meio de cores, facilitando a identificação dos tópicos mais recorrentes ou relevantes (Van Eck; Waltman, 2014).

4. Resultados e Discussões

No total foram incluídos 24 artigos, de acordo com a quarta etapa do PRISMA. De modo complementar, os 24 estudos foram analisados através do software VOSviewer, que é um software utilizado para a geração de visualizações de redes relacionadas a palavras-chave e padrões de cocitação, facilitando assim a identificação de pontos focais de pesquisa e agrupamentos temáticos (Pabreja; Verma; Kumar, 2025).

Desta forma, os mapas foram construídos com objetivo de identificar e visualizar os principais focos dos 24 trabalhos e ligações entre eles. Com base em dados do texto dos artigos, pode-se visualizar as principais redes entre os estudos e principais tópicos

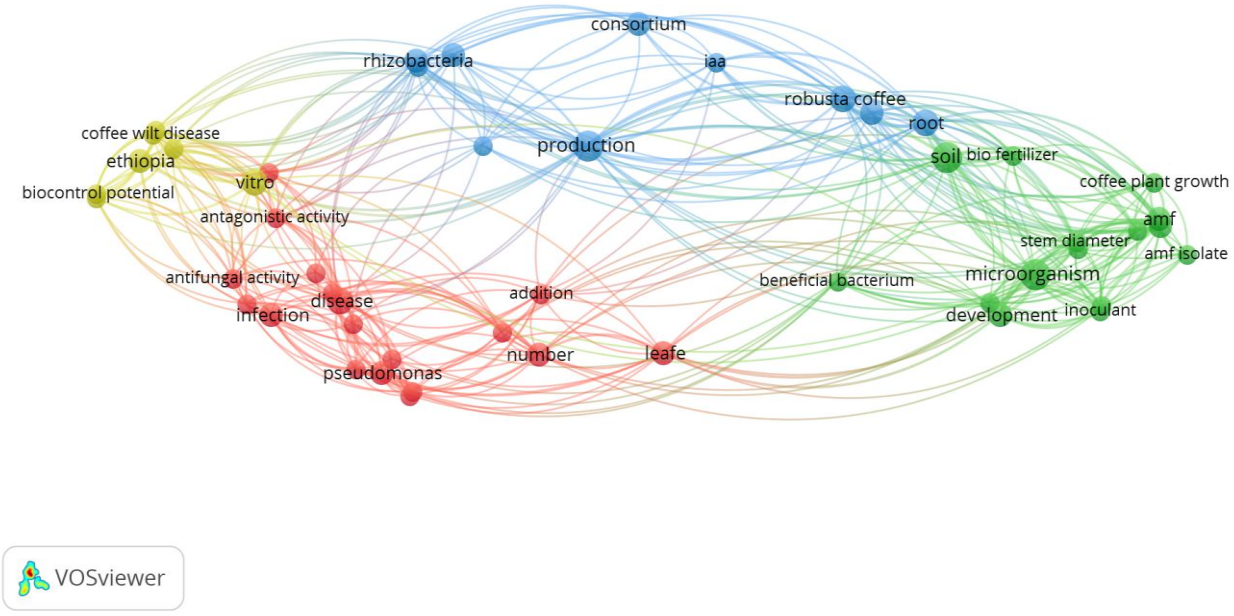
REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

abordados. Portanto, ademais, na análise foram levados em conta apenas os termos com uma incidência mínima de 2, o que significa que o termo precisaria estar presente em pelo menos dois artigos para ser levado em consideração. Dessa forma, por meio do padrão do VOSviewer, 60% dos termos mais significativos foram levados em conta.

De acordo com as diretrizes do *Centre for Science and Technology Studies* (CWTS, 2023), o diâmetro dos nós na visualização do VOSviewer é diretamente ajustado à frequência ou importância dos itens. Portanto, os itens mais frequentes são representados por círculos com tamanhos e rótulos mais proeminentes. A cor de cada nó indica a qual agrupamento *(cluster*) o item correspondente foi designado. A proximidade espacial entre dois nós indica o grau aproximado de relação entre os artigos em termos de cocitação: quanto menor a distância entre eles, maior a similaridade temática sugerida.

Figura 2: Visualização de rede



Fonte: Esta pesquisa (2026), desenvolvido por meio do *VOSviewer version* 1.6.20 (2023).

No corpus selecionado, a análise de coocorrência sugere quatro agrupamentos temáticos principais (*clusters*) fundamentais referentes à aplicação de microrganismos na cultura do cafeeiro. O cluster vermelho destaca-se pelas investigações focadas na patologia e no controlo biológico, com ênfase na atividade antifúngica de bactérias do género *Pseudomonas* contra infeções e doenças patogénicas *in vitro*. O cluster verde acrescenta os estudos apontados ao desenvolvimento vegetativo e fertilidade do solo, destacar-se a utilização de fungos micorrízicos arbusculares (*amf*), biofertilizantes e inóculos no

REMUNOM
ISSN 2178-6925

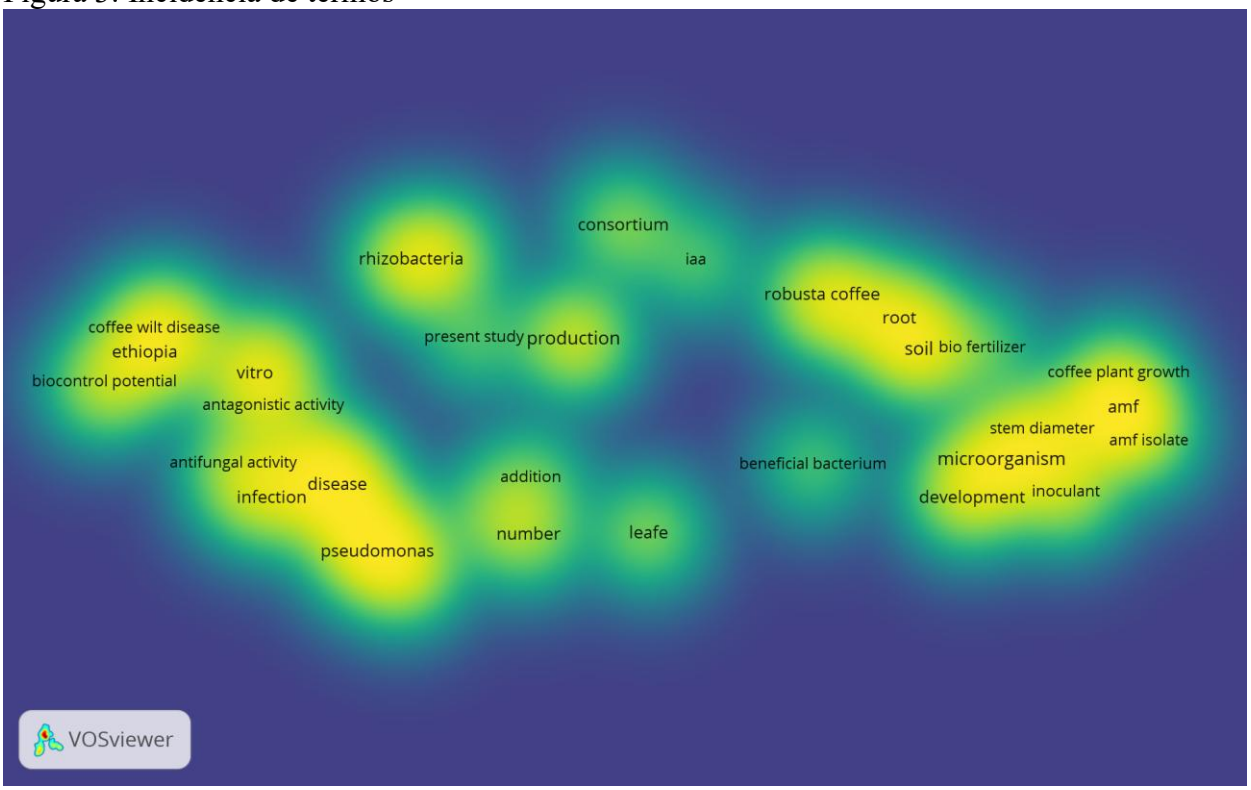
Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

incremento do diâmetro do caule e no crescimento da planta (*coffee plant growth*). Por sua vez, o cluster azul reflete o papel da rizobactérias (*rhizobacteria*) promovendo o crescimento através da formação de consórcios (*consortium*) e da síntese de fito-hormonas como o ácido indolacético (*iaa*), com especial aplicação em café Robusta (*robusta coffee*). Por fim, o cluster amarelo evidencia uma vertente aplicada e regionalizada, centrada no potencial de biocontrolo (*biocontrol potential*) da murcha do cafeeiro (*coffee wilt disease*) na Etiópia.

De forma geral, o mapa evidencia três eixos temáticos principais na produção cientifica analisada: (i) patógenos e mecanismos de infecção; (ii) interação planta e microrganismos benéficos; e (iii) nutrição e dinâmica do solo.

Para complementar essas informações, uma visualização de densidade é apresentada na Figura 3, a figura corresponde a um mapa de densidade gerado pelo VOSviewer, no qual a intensidade das cores representa a concentração e relevância dos termos na literatura analisada. Diferente do mapa de redes, aqui o foco está na identificação de áreas de maior densidade temática, sendo que as regiões em amarelo indicam maior frequência e, enquanto tons em verde e azul representam menor densidade.

Figura 3: Incidência de termos



Fonte: Esta pesquisa (2026), desenvolvido por meio do *VOSviewer version* 1.6.20 (2023).

A visualização da densidade de termos da figura 3 complementa a análise da rede ao evidenciar as zonas de maior concentração científica no domínio estudado. A transição de cores do azul (menor densidade/frequência) para o amarelo (maior densidade/frequência) indica dois principais núcleos de elevada intensidade de investigação. O polo fitossanitário e de biocontrole a esquerda apresenta elevada densidade em torno do termo *pseudomonas*,

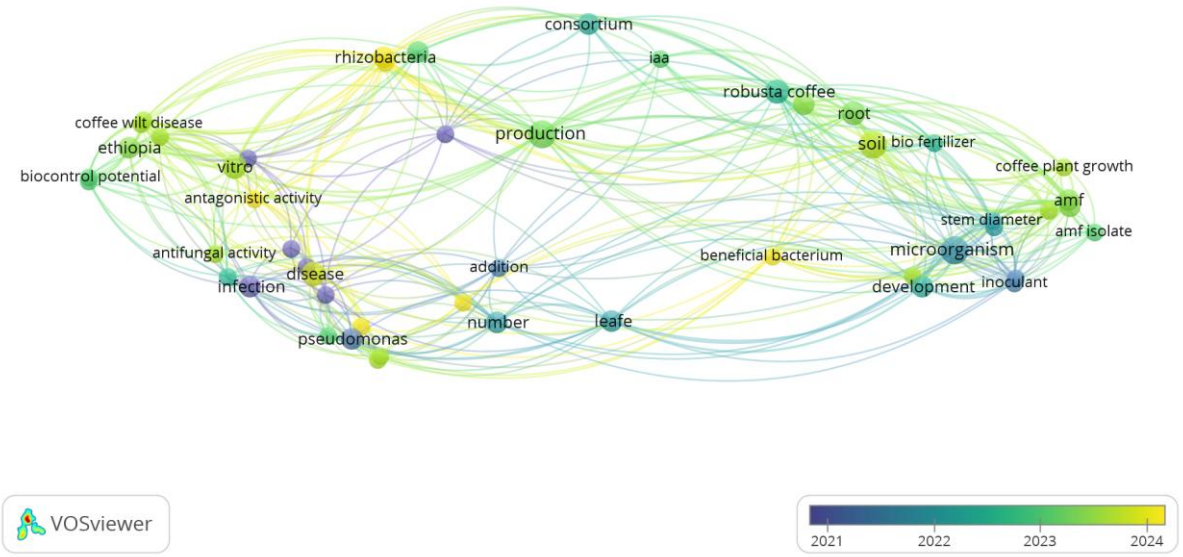
REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

disease, *infection*, *antifungal activity* e *vitro*, destacando o papel preponderante dos ensaios de antagonismo *in vitro* e do uso de bactérias na inibição de doenças do cafeeiro. Á direita o polo de bioestimulação, nutrição e crescimento vegetal apresenta grande concentração em *robusta coffee*, *soil*, *coffee plant growth*, *amf* (fungos micorrízicos arbusculares) e *microorganism*, o que reforça o foco no incremento da saúde do solo e no desenvolvimento biométrico da cultura através de inoculantes. As regiões intermédias de menor densidade verde, representadas por termos como *rhizobacteria*, *production*, *consortium* e *iaa*, atuam como pontes concetuais que conectam a supressão de patógenos ao ganho de produtividade no campo, reforçando a transição para abordagens integradas na cafeicultura.

Por fim, a Figura 4 demostra a evolução temporal dos principais temas abordados na literatura, conforme indicado pela escala de cores que varia do azul (termos mais antigos) ao amarelo (temas mais recentes).

Figura 4: Evolução temporal dos termos



Fonte: Esta pesquisa (2026), desenvolvido por meio do *VOSviewer version* 1.6.20 (2023).

A análise temporal de palavras-chave (Figura 4) revela a evolução cronológica e o deslocamento das frentes de pesquisa entre 2021 e 2024. Pode ser observado que os estudos mais antigos (representados pelos tons azuis e roxos) concentravam-se na caracterização de patógenos, infecções (infection, disease) e ensaios *in vitro* com *Pseudomonas* e inóculos primários. Por outro lado, as pesquisas mais recentes (evidenciadas pelos tons amarelados, próximos a 2024) refletem uma clara transição rumo à aplicação prática no campo e à bioestimulação. Destacam-se como tendências emergentes o uso de rizobactérias (rhizobacteria), o emprego de biofertilizantes (bio fertilizer), o estudo de fungos micorrízicos

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

arbusculares (amf), a promoção da saúde do solo (soil) e a avaliação do crescimento da planta (coffee plant growth) evidenciando o crescente interesse em microrganismos benéficos, nutrição vegetal e interações no solo.

Em complemento à análise bibliométrica, realizou-se a síntese qualitativa dos 24 artigos incluídos na revisão, organizando-os em oito eixos temáticos conforme o objetivo predominante de cada investigação. O Quadro 1 apresenta esses eixos, seus principais focos e os respectivos autores, permitindo identificar a distribuição das abordagens sobre o uso de microrganismos benéficos na cafeicultura. Cada estudo foi alocado em uma única categoria, embora alguns contemplem funções complementares, como a promoção do crescimento vegetal e o controle de doenças. Esse agrupamento decorre da análise do conteúdo dos artigos e complementa os agrupamentos de termos identificados pelo VOSviewer.

Quadro 1: Agrupamento de estudos por foco predominante

Eixo temático (n)	Principal foco da abordagem	Autores
Crescimento e qualidade de mudas (3)	Avaliação de inoculantes e bioestimulantes para estimular o desenvolvimento vegetativo, o sistema radicular e a qualidade das mudas.	Araújo et al. (2020); Silva, Barbosa e Franco Junior (2020); Lima et al. (2023).
Micorrização e produção de mudas (2)	Seleção de fungos micorrízicos arbusculares e avaliação da influência do substrato e da inoculação isolada ou conjunta sobre o crescimento.	Silveira et al. (2023); Corazon-Guivin et al. (2023).
Nutrição fosfatada e manejo de fertilizantes (3)	Uso de microrganismos em associação com fontes de fósforo, matéria orgânica e solos de diferentes condições de fertilidade.	Hifnalisa et al. (2018); Ferraro et al. (2023); González-Osorio, Sadeghian e Mira (2025).
Tolerância a estresses abióticos (3)	Mitigação dos efeitos da seca e da acidez do solo por inoculantes microbianos, inclusive em combinação com biocarvão.	Del Rio, Aggangan e Protacio (2024); Alvarado-Picado et al. (2025); Jasso-Arreola et al. (2025).
Controle de fitonematoides (3)	Supressão de *Pratylenchus* e *Meloidogyne* mediante bactérias isoladas ou consórcios, associada à avaliação do crescimento do cafeeiro.	Asyiah et al. (2020); Nguyen et al. (2021); Pradana et al. (2022).
Controle de doenças fúngicas e ação multifuncional (6)	Antagonismo a patógenos, redução de doenças e, em parte dos estudos, promoção simultânea da germinação, do crescimento e da nutrição.	Kejela, Thakkar e Thakor (2016); Kejela, Thakkar e Patel (2017); Alemu et al. (2023); Mulatu et al. (2023); Nuguse e Kejela (2024); Souza et al. (2025).
Controle específico da ferrugem (3)	Seleção e caracterização de bactérias contra *Hemileia vastatrix*, incluindo mecanismos de adaptação à filosfera e ensaios de controle.	Sousa et al. (2022); Gómez-de la Cruz et al. (2024); Ogata-Gutiérrez et al. (2024).
Produção e composição fitoquímica (1)	Avaliação da inoculação bacteriana sobre crescimento, produção de frutos, compostos fitoquímicos e atividade	Suriani et al. (2025).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

	antioxidante do café robusta.	

Conforme apresentado no Quadro 1, os estudos abrangem diferentes aplicações dos microrganismos na cafeicultura, com destaque para a proteção fitossanitária e o desenvolvimento inicial das plantas. Os eixos de controle de doenças fúngicas e ação multifuncional, controle específico da ferrugem e controle de fitonematoides reúnem 12 dos 24 artigos, correspondendo à metade do conjunto analisado. Essa concentração evidencia a relevância do biocontrole nas pesquisas selecionadas, frequentemente associado à avaliação de benefícios adicionais sobre a germinação e o crescimento vegetal.

Os estudos voltados ao crescimento e à qualidade de mudas, à micorrização e à nutrição fosfatada totalizam oito artigos. Essas investigações avaliam a contribuição de bactérias e fungos benéficos para o desenvolvimento radicular, a aquisição de nutrientes e a formação de mudas, considerando fatores como o substrato, a fertilidade do solo e a combinação de inoculantes com outros insumos. Outros três artigos apresentam como foco predominante a tolerância a estresses abióticos, incluindo a restrição hídrica e a elevada acidez do solo.

4.1 Uso de microrganismos para controle de doenças no café

Estudos realizados ao logo dos anos têm demostrado o potencial do uso de microrganismos na cafeicultura, tanto no controle de doenças como no crescimento vegetativo, os autores Kejela; Thakkar e Thakor (2016) puderam observar em seu trabalho que em 42 espécies de *Bacillus* isolados um deles chamado BT42 apresentou máxima inibição do crescimento micelial radial contra *Colletotrichum gloeosporioides* (78%) e *Fusarium oxysporum* (86%), aumentou a germinação das sementes *de Coffee arabica* L. em 38,89% e também apresentou múltiplas características que promovem o crescimento vegetativo.

Segundo De Sousa *et al*., (2022) em estudos posteriores a *Pseudomonas spp* também se mostrou uma bactéria que além de promover crescimento vegetal é capaz de realizar o aumento da síntese de exopolissacarídeos em resposta a estresse osmótico resistindo assim a estresses ambientais protegendo as células da dessecação, além de demostrar que pode controlar o progresso de doenças das folhas como a Ferrugem (*Hemileia vastatrix)* provavelmente por meio de competição por recursos.

Em sequência Maluto *et al.* (2023) demonstraram elevada capacidade que os microrganismos têm no controle da doença do murchamento do café (*Fusarim xylariodes)*, com destaque para *Trichoderma asperellum* AU131 e *Trichoderma longibrachiatum* AU158, que apresentaram alta eficácia no controle, tanto em ensaios laboratoriais quanto em condições reais de cultivo. Essas pesquisas têm reforçado o uso de manejo biológico como uma estratégia integrada, e não apenas para controle de patógenos, mas também como promotores de crescimento vegetal, como uma estratégia de reduzir o uso de produtos químicos (Gómez-De La Cruz; *et al.*, 2024).

4.2 Microrganismos promotores de crescimento vegetativo na cafeicultura

Além da alta eficiência no controle de doenças, estudos têm demostrado que algumas bactérias *endofíticas* e *rizobactérias* contribuírem também para a redução de organismos

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

prejudiciais, como nematoides, e ao mesmo tempo, promovem crescimento do cafeeiro (Asyiah *et al*., 2020). De forma complementar, as bactérias *diazotróficas endofíticas* associativas ao gênero *Azospirillum* por exemplo, atuam na fixação biológicas de nitrogênio e na biossíntese de hormônios reguladores de crescimento, como a AIA auxinas, giberelinas e citocininas, liberando-os no sistema radicular, aumentando a massa seca e acúmulo de N, o que promove o crescimento das plantas (Vega *et al*., 2020).

As pesquisas têm reforçado que o uso de microrganismos apresenta papel fundamental na promoção de crescimento vegetal, atuando diretamente em processos metabólicos e fisiológicos das plantas (Lima *et al*., 2023). Estudo realizado por Lima e seus colaboradores (2023) pode- se verificar que a aplicação de *Azospirillum brasilense* promoveu um aumento significativo na altura de mudas de *coffea arábica* possivelmente relacionado ao seu potencial de produzir giberelina.

Nesse contexto, destaca-se a importância desses microrganismos na nutrição vegetal, especialmente em culturas com elevada exigência nutricional, como o café, assim, microrganismos com potencial de fixação biológica surgem como alternativa promissora para aumentar a eficiência no uso desse nutriente e reduzir a o uso de fertilizantes nitrogenados (Bullergahn *et al*., 2024). De modo geral diversas pesquisas têm relacionado o uso de microrganismos ao crescimento vegetativos de plantas cafeeiras, evidenciando ganhos em desenvolvimento e vigor vegetativo (Araújo *et al*., 2020; Asyiah *et al*., 2020; Corazon-Guivin *et al*., 2023; Suriani *et al*., 2025).

4.3 Implicações da RSL

A análise dos 24 artigos selecionados evidencia que o uso de microrganismos na cafeicultura, especialmente em lavouras em produção, ainda constitui um campo de pesquisa pouco explorado. Embora os microrganismos sejam amplamente estudados sob diferentes perspectivas, observa-se que a literatura se concentra predominantemente em sua aplicação para o controle de fitopatógenos e na promoção do crescimento vegetativo de mudas de cafeeiro. Os estudos analisados demonstram que as pesquisas sobre microrganismos promotores de crescimento vegetal e agentes de controle biológico têm evoluído de forma integrada, demostrando resultados promissores em diferentes condições experimentais, tanto no estímulo ao desenvolvimento das plantas quanto no controle de importantes patógenos da cultura, como *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum* e *Hemileia vastatrix*, entre outros.

As pesquisas enfatizam o papel dos microrganismos na promoção do crescimento vegetal por meio de mecanismos como a fixação biológica de nitrogênio, a produção de fitormônios e o estímulo ao desenvolvimento radicular. Esses estudos foram fundamentais para consolidar os conceitos relacionados aos microrganismos promotores de crescimento vegetal, demonstrando seu potencial para aumentar o vigor das plantas e melhorar a absorção de nutrientes. Paralelamente, desenvolveu-se uma linha de pesquisa voltada ao controle biológico de fitopatógenos, com foco em mecanismos de antagonismo, competição e indução de resistência. Essas abordagens iniciais serviram de base para estudos posteriores, que passaram a compreender os microrganismos como agentes multifuncionais capazes de atuar simultaneamente na nutrição vegetal, na promoção do crescimento e na proteção contra estresses bióticos e abióticos.

A literatura amplia essa compreensão ao incorporar o papel dos microrganismos na mitigação de estresses abióticos, como déficit hídrico e condições de baixa fertilidade do

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

solo. Além disso, destaca-se o uso de consórcios microbianos como estratégia para potencializar os efeitos benéficos observados quando comparados à aplicação isolada de microrganismos. Outro aspecto recorrente nos estudos é a contribuição dessas tecnologias para a sustentabilidade da produção agrícola. Evidências indicam que o uso de microrganismos pode aumentar a eficiência da utilização de nutrientes, reduzindo a dependência de fertilizantes químicos e promovendo sistemas produtivos mais sustentáveis.

Apesar da diversidade de temas e abordagens identificadas, a RSL revelou importantes lacunas de conhecimento. Observou-se que grande parte dos estudos foi conduzida em ambientes controlados, como casas de vegetação e viveiros. Além disso, verificou-se poucos estudos desenvolvidos a longo prazo que permitam avaliar a persistência dos efeitos dos microrganismos ao longo dos ciclos produtivos da cultura.

Dessa forma, as evidências reunidas nesta revisão sugerem que a utilização de microrganismos na cafeicultura deve ser compreendida como um processo complexo, dinâmico e multidimensional, influenciado pela interação entre fatores biológicos, agronômicos e ambientais. Ao mesmo tempo, os resultados reforçam a necessidade de ampliar as pesquisas em condições reais de cultivo, especialmente em lavouras comerciais em produção, bem como de desenvolver estudos de longa duração que permitam avaliar a viabilidade técnica e econômica dessas tecnologias. Tais lacunas justificam a relevância científica e prática do presente estudo, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre o uso de microrganismos na cafeicultura e para o desenvolvimento de estratégias mais sustentáveis de produção.

5. Conclusão

O presente estudo teve como objetivo analisar, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) conduzida sobre as diretrizes do protocolo PRISMA 2020, como o uso de microrganismos tem sido abordado na produção científica internacional no contexto da cafeicultura. A análise dos 24 artigos selecionados permitiu organizar o estado da arte sobre o tema, identificar padrões teóricos e metodológicos e evidenciar lacunas relevantes na literatura.

Os resultados demonstraram que microrganismos apresentam elevado potencial para promover o crescimento vegetal, favorecer a eficiência nutricional e atuar no controle fitopatógenos e contribuir para mitigação de estresse biótico e abióticos do cafeeiro. A literatura demonstra ampla experimentação com diferentes grupos microbianos, sobretudo em estudos relacionados à promoção de crescimento e ao biocontrole, destacando seu potencial como estratégia mais sustentáveis para a cafeicultura.

Contudo, estudos de campo ainda são limitados, especialmente conduzidos por longos períodos em lavouras de *coffea canéfora* em fase produtiva. Embora exista pesquisas realizadas em condição de campo, a literatura permanece limitada quanto à avaliação da consistência dos efeitos dos microrganismos ao longo dos ciclos produtivos e sob diferentes condições de manejo, assim essa escassez de estudos constitui uma das principais lacunas identificadas nesta revisão.

Em relação às limitações da RSL, destaca-se a inclusão de artigos científicos publicados em língua inglesa, revisados por pares e indexados nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*. Embora esse recorte metodológico assegure elevado rigor científico, é

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

possível que produções relevantes publicadas em outros idiomas, bem como estudos disponíveis em bases regionais ou na literatura cinzenta, não tenham sido contempladas.

Diante dessas lacunas, recomenda-se a realização de estudos experimentais em condição de campo, com avaliações de médio e longo prazo, diferentes espécies de cafeeiro e condições distintas de manejo. Pesquisas com *coffea canephora* em fase reprodutiva podem contribuir para ampliar a compreensão da eficiência e da consistência dos efeitos de microrganismos em condições agrícolas. De tal forma, esta RSL sintetiza as principais evidencias disponíveis e fornece uma base cientifica para orientar novas investigações sobre o uso de microrganismos na cafeicultura.

Referências

ALEMU, Kumlachew et al. Biocontrol potentials of native bacterial strains for the management of coffee berry disease (Colletotrichum kahawae) in Ethiopia. Biocontrol Science and Technology, 2023. DOI: https://doi.org/10.1080/09583157.2022.2163981.

ALVARADO-PICADO, Eduardo et al. Impacto del biocarbón y microorganismos en la resiliencia de almácigos de café al estrés hídrico y enfermedades. Terra Latinoamericana, v. 43, e2055, 2025. DOI: https://doi.org/10.28940/terra.v43i.2055.

ARAÚJO, V. C.; ROSSATI, K. F.; XAVIER, L. V.; OLIVEIRA, V. A.; CARMO, G. J. D.; ASSIS, G. A.; OLIVEIRA MENDES, G. Enhanced growth in nursery of coffee seedlings inoculated with the rhizosphere fungus Aspergillus niger for field transplantation. Rhizosphere, v. 15, p. 100236, 2020.DOI: https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100236.

ASYIAH, Iis Nur et al. Consortium of endophytic bacteria and rhizobacteria effectively suppresses the population of Pratylenchus coffeae and promotes the growth of Robusta coffee. Biodiversitas, v. 21, n. 10, p. 4702-4708, 2020. DOI: https://doi.org/10.13057/biodiv/d211032.

BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 77, p. 549–579, 2005. DOI: https://doi.org/10.1590/S0001376520050003000014.

BASU, A.; PRASAD, P.; DAS, S. N.; KALAM, S.; SAYYED, R. Z.; REDDY, M. S.; EL ENSHASY, H. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: recent developments, constraints, and prospects. Sustainability, Basel, v. 13, p. 1140, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/su13031140.

BHATT, K.; MAHESHWARI, D. K. Bacillus megaterium strain CDK25, a novel plant growth promoting bacterium enhances proximate chemical and nutritional composition of Capsicum annuum L. Frontiers in Plant Science, v. 11, p. 1147, 2020. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01147.

BULLERGAHN, V. B.; MENEZES, K. M. S.; VELOSO, T. G. R.; LUZ, J. M. R.; CASTANHEIRA, L. F.; PEREIRA, L. L.; SILVA, M. C. S. Diversity of potential nitrogen-

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

fixing bacteria from rhizosphere of Coffea arabica L. and Coffea canephora L. _3 Biotech_, v. 14, n. 1, p. 27, 2024.DOI: https://doi.org/10.1007/s13205-023-03875-7.

CAIRES, E. F.; BINI, A. R.; BARÃO, L. F. C.; HALISKI, A.; DUART, V. M.; RICARDO, K. S. Seed inoculation with Azospirillum brasilense and nitrogen fertilization for no-till cereal production. Agronomy Journal, Madison, v. 113, p. 560–576, 2020. DOI: https://doi.org/10.1002/agj2.20488.

CASSÁN, F.; CONIGLIO, A.; LÓPEZ, G.; MOLINA, R.; NIEVAS, S.; CARLAN, C. N.; DONADIO, F.; TORRES, D.; ROSAS, S.; PEDROSA, F. O.; SOUZA, E.; ZORITA, M. D.; DE BASHAN, L.; MORA, V. Everything you must know about Azospirillum and its impact on agriculture and beyond. Biology and Fertility of Soils, Heidelberg, v. 56, p. 461–479, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s00374-020-01463-y.

CHEN, Y. F.; YE, J. R.; KONG, Q. Q. Potassium-solubilizing activity of Bacillus aryabhattai SK1-7 and its growth-promoting effect on Populus alba L. Forests, Basel, v. 11, p. 1348, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/f11121348.

CHEN, Y.; YANG, H.; SHEN, Z.; YE, J. Whole-genome sequencing and potassium-solubilizing mechanism of Bacillus aryabhattai SK1-7. Frontiers in Microbiology, Lausanne, v. 12, p. 722379, 2022. DOI: https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.722379.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de café. Brasília, DF: Conab, v. 12, n. 2, maio 2025. (2º levantamento – Safra 2025). ISSN 2318-7913. Disponível em: https://www.conab.gov.br. Acesso em: 29 out. 2025.

CORAZON-GUIVIN, M. A.; ROMERO-CACHIQUE, G.; DEL AGUILA, K. M.; PADILLA-DOMÍNGUEZ, A.; HERNÁNDEZ-AMASIFUEN, A. D.; CERNA-MENDOZA, A.; COYNE, D.; OEHL, F. Rhizoglomus variabile and Nanoglomus plukenetiae, Native to Peru, Promote Coffee Growth in Western Amazonia. _Microorganisms_, v. 11, n. 12, art. 2883, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/microorganisms11122883.

CWTS. Centre for Science and Technology Studies. VOSviewer. https://www.vosviewer.com.Leiden: Leiden University, 2023.

DANIEL, A. I.; FADAKA, A. O.; GOKUL, A.; BAKARE, O. O.; AINA, O.; FISHER, S. et al. Biofertilizer: the future of food security and food safety. Microorganisms, Basel, v. 10, p. 1–16, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/microorganisms10061220.

DE OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; BINI, D.; DE SOUSA, S. M.; RIBEIRO, V. P.; DOS SANTOS, F. C.; DE PAULA LANA, U. G.; MARRIEL, I. E. Inoculation with Bacillus megaterium CNPMS B119 and Bacillus subtilis CNPMS B2084 improve P-acquisition and maize yield in Brazil. Frontiers in Microbiology, v. 15, p. 1426166, 2024. DOI: https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1426166.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

DE SOUSA, L. P.; CIPRIANO, M. A. P.; DA SILVA, M. J.; PATRÍCIO, F. R. A.; FREITAS, S. S.; CARAZZOLLE, M. F.; MONDEGO, J. M. C. Functional genomics analysis of a phyllospheric Pseudomonas spp with potential for biological control against coffee rust. BMC Microbiology, v. 22, article 222, 22 set. 2022. DOI: 10.1186/s12866-022-02637-4.

DEL RIO, Susan P.; AGGANGAN, Nelly S.; PROTACIO, Calixto M. Alleviation of soil acidity stress in Robusta coffee by arbuscular mycorrhizal fungi-containing biofertilizers. Philippine Journal of Crop Science, v. 49, n. 1, p. 48-55, 2024.

DELGADO-TORRES, N. A.; CHUMACERO-ACOSTA, J. S.; RODRIGUEZ-PEREZ, L. E.; TUESTA-CASIQUE, A.; ALVAREZ-ARISTA, Y. Bacillus subtilis como promotor de crecimiento en el cultivo de café (Coffea arabica). Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas, Lima, v. 1, n. 2, e345, 2022. DOI: https://doi.org/10.51252/reacae.v1i2.345.

DOBRZYŃSKI, J.; WIERZCHOWSKI, P. S.; STĘPIEŃ, W.; GÓRSKA, E. B. The reaction of cellulolytic and potentially cellulolytic spore-forming bacteria to various types of crop management and farmyard manure fertilization in bulk soil. Agronomy, Basel, v. 11, p. 772, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy11040772.

FASUSI, O. A.; CRUZ, C.; BABALOLA, O. Agricultural sustainability: microbial biofertilizers in rhizosphere management. Agriculture (Switzerland), Basel, v. 11, p. 1–19, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture11020163.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. D. (Eds.). _Café Conilon_. 2. ed. atual. e ampl.,Vitória, ES: Incaper, 2017. 784 p.

FERRARO, A. C. et al. Commercial characteristics of coffee seedlings produced with different sources of phosphorus and plant growth-promoting bacteria. Brazilian Journal of Biology, v. 83, e270262, 2023. DOI: https://doi.org/10.1590/1519-6984.270262.

FERREIRA, M. C. B.; FERNANDES, M. S.; DÖBEREINER, J. Role of Azospirillum brasilense nitrate reductase in nitrate assimilation by wheat plants. Biology and Fertility of Soils, Heidelberg, v. 4, p. 47–53, 1987. DOI: https://doi.org/10.1007/BF00280350.

FERRUSQUÍA-JIMÉNEZ, N. I.; GONZÁLEZ-ARIAS, B.; ROSALES, A.; ESQUIVEL, K.; ESCAMILLA-SILVA, E. M.; ORTEGA-TORRES, A. E.; GUEVARA-GONZÁLEZ, R. G. Elicitation of Bacillus cereus-Amazcala (B.c-A) with SiO_2 nanoparticles improves its role as a plant growth-promoting bacteria (PGPB) in chili pepper plants. Plants, Basel, v. 11, p. 3445, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/plants11243445.

FUKAMI, J.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with Azospirillum brasilense. AMB Express, Heidelberg, v. 6, p. 3, 2016. DOI: https://doi.org/10.1186/s13568-015-0171-y.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

GALINDO, F. S.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, W. L.; BOLETA, E. H. M.; SILVA, V. M.; TAVANTI, R. F. R.; FERNANDES, G. C.; BIAGINI, A. L. C.; ROSA, P. A. L.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Inoculation of Azospirillum brasilense associated with silicon as a liming source to improve nitrogen fertilization in wheat crops. Scientific Reports, London, v. 10, p. 6160, 2020. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-020-63095-4.

GALINDO, FS; TEIXEIRA FILHO, MCM; SILVA, EC DA; BUZETTI, S.; FERNANDES, G.C.; RODRIGUES, WL Viabilidade técnica e econômica de feijão-caupi coinoculado com Azospirillum brasilense e Bradyrhizobium spp. e doses de nitrogênio. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.24, p.304-311, 2020.

GALVÃO, T. F; TIGUMAN, G. M. B; SARKIS-ONOFRE, R. The PRISMA 2020 statement in Portuguese: updated recommendations for reporting systematic reviews. Epidemiologia e Servicos de SaudeMinistry of Health, 2022.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017. Disponível em: https://www.academia.edu/48899027/Como_Elaborar_Projetos_De_Pesquisa_6a_Ed_GIL. Acesso em: 19 jun. 2025.

GIRI, R.; DUDEJA, S. S. Root colonization of root and nodule endophytic bacteria in legume and non legume plants grown in liquid medium. Journal of Microbiology Research and Reviews, v. 1, n. 6, p. 75–82, 2013.

GÓMEZ-DE LA CRUZ, I.; et al. Biocontrol of Hemileia vastatrix, the causal agent of coffee leaf rust. Plant Disease, St. Paul, v. (a publicar), 2024.DOI: https://doi.org/10.1094/PDIS-01-24-0015-RE.

GONZÁLEZ-OSORIO, Hernan; SADEGHIAN, Siavosh; MIRA, Beatriz Eugenia. Contribution of mycorrhiza and phosphate-solubilizing fungi in coffee seedling growth in four soils with different fertility conditions. Bragantia, v. 84, e20240171, 2025. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-4499.20240171.

GUPTA, R. S.; PATEL, S.; SAINI, N.; CHEN, S. Robust demarcation of 17 distinct Bacillus species clades, proposed as novel Bacillaceae genera, by phylogenomics and comparative genomic analyses: description of Robertmurraya kyonggiensis sp. nov. and proposal for an emended genus Bacillus limiting it only to the members of the Subtilis and Cereus clades of species. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, v. 70, n. 11, p. 5753–5798, 2020. DOI: https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004475.

HIFNALISA et al. The application of microorganisms of phosphate providers and organic matters to improve the growth of Arabica coffee seedlings at Andisol in Bener Meriah Regency. World Journal of Engineering, v. 15, n. 3, p. 422-428, 2018. DOI: https://doi.org/10.1108/WJE-10-2017-0346.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Fixação biológica de nitrogênio. In: SEIXAS, C. D. S. et al. (ed.). Tecnologias de produção de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 185–196.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. Biology and Fertility of Soils, Heidelberg, v. 49, p. 791–801, 2013. DOI: https://doi.org/10.1007/s00374-012-0771-5.

INTHAMA, P.; PUMAS, P.; PEKKOH, J.; PATHOM-AREE, W.; PUMAS, C. Plant growth and drought tolerance-promoting bacterium for bioremediation of paraquat pesticide residues in agricultural soils. Frontiers in Microbiology, Lausanne, v. 12, p. 604662, 2021. DOI: https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.604662.

JASSO-ARREOLA, Yesenia et al. Beneficial effects of ACC deaminase-producing rhizobacteria on the drought stress resistance of Coffea arabica L. Plants, v. 14, n. 7, artigo 1084, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/plants14071084.

JIANG, C.; HU, Y. A compound microbial fertilizer for controlling wheat take all and its preparation method: China. Guangdong: Foshan Yanhui Biology Science and Technology Co. Ltd., 2016.

KANG, S. M.; RADHAKRISHNAN, R.; YOU, Y. H.; JOO, G. J.; LEE, I. J.; LEE, K. E.; KIM, J. H. Phosphate solubilizing Bacillus megaterium mj1212 regulates endogenous plant carbohydrates and amino acids contents to promote mustard plant growth. Indian Journal of Microbiology, v. 54, n. 4, p. 427–433, 2014. DOI: https://doi.org/10.1007/s12088-014-0476-6.

KAVAMURA, V. N.; SANTOS, S. N.; TAKETANI, R. G.; VASCONCELLOS, R. L. F.; MELO, I. S. Draft genome sequence of plant growth-promoting drought-tolerant Bacillus sp. strain CMAA 1363 isolated from the Brazilian Caatinga biome. Genome Announcements, Washington, v. 5, e01534–16, 2017. DOI: https://doi.org/10.1128/genomeA.01534-16.

KEJELA, T., THAKKAR, V.R. & THAKOR, P. Bactéria espécie (BT42), isolada de Coffea arabica L. rhizosfera, antagoniza Colletotrichum gloeosporioides e Fusarium oxysporum e também apresenta múltiplas atividades de promoção do crescimento vegetal. BMC Microbiol 16, 277 (2016).DOI: https://doi.org/10.1186/s12866-016-0897-y.

KEJELA, Tekalign; THAKKAR, Vasudev R.; PATEL, Ravi R. A novel strain of Pseudomonas inhibits Colletotrichum gloeosporioides and Fusarium oxysporum infections and promotes germination of coffee. Rhizosphere, v. 4, p. 9-15, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.05.002.

KUMAR, S.; REDDY, C.; PHOGAT, M.; KORAV, S. Role of bio-fertilizers towards sustainable agricultural development: a review. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, Delhi, v. 7, p. 1915–1921, 2018.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

LEE, S.; KA, J. O.; SONG, H. G. Growth promotion of Xanthium italicum by application of rhizobacterial isolates of Bacillus aryabhattai in microcosm soil. Journal of Microbiology, v. 50, p. 45–49, 2012. DOI: https://doi.org/10.1007/s12275-012-1415-z.

LIMA, S. F.; PINTO, P. H.; SOARES, M. P.; ANDRADE, M. G. D. O.; SIMON, C. A.; VENDRUSCOLO, E. P.; CONTARDI, L. M.; CORDEIRO, M. A. S.; ABREU, M. S. Nicotinamide and Azospirillum brasilense improves the quality of Coffea arabica seedlings. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 27, n. 4, p. 264–271, 2023.DOI: https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n4p264-271.

MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. (ed.). Café na Amazônia. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 474 p.

MARTÍNEZ-ROMERO, E. Coevolution in Rhizobium-legume symbiosis? DNA and Cell Biology, v. 28, n. 8, p. 361–370, 2009. DOI: https://doi.org/10.1089/dna.2009.0863.

MILJAKOVIĆ, D.; MARINKOVIĆ, J.; BALEŠEVIĆ-TUBIĆ, S. The significance of Bacillus spp. in disease suppression and growth promotion of field and vegetable crops. Microorganisms, v. 8, 1037, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/microorganisms8071037.

MORETTI, L. G.; CRUSCIOL, C. A. C.; BOSSOLANI, J. W.; MOMESSO, L.; GARCIA, A.; KURAMAE, E. E.; HUNGRIA, M. Bacterial consortium and microbial metabolites increase grain quality and soybean yield. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, v. 20, p. 1923–1934, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s42729-020-00263-5.

MORETTI, L. G.; CRUSCIOL, C. A. C.; KURAMAE, E. E.; BOSSOLANI, J. W.; MOREIRA, A.; COSTA, N. R.; ALVES, C. J.; PASCOALOTO, I. M.; RONDINA, A. B. L.; HUNGRIA, M. Effects of growth-promoting bacteria on soybean root activity, plant development, and yield. Agronomy Journal, v. 112, n. 1, p. 418–428, 2020. DOI: https://doi.org/10.1002/agj2.20010.

MULATU, A.; MEGERSA, N.; TEFERI, D.; ALEMÚ, T.; VETUKURI, R. R. Biological management of coffee wilt disease (Fusarium xylarioides) using antagonistic Trichoderma isolates. Frontiers in Plant Science, v. 14, 1113949, 2023. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1113949.

NGUYEN, Dai Nam et al. Potential application of rhizobacteria isolated from the Central Highland of Vietnam as an effective biocontrol agent of Robusta coffee nematodes and as a bio-fertilizer. Agronomy, v. 11, n. 9, artigo 1887, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy11091887.

NUGUSE, Mimi; KEJELA, Tekalign. Actinomycetes isolated from rhizosphere of wild Coffea arabica L. showed strong biocontrol activities against coffee wilt disease. PLOS ONE, 2024. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0306837.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

OGATA-GUTIÉRREZ, Katty et al. Antifungal activity of phyllospheric bacteria isolated from Coffea arabica against Hemileia vastatrix. Microorganisms, v. 12, n. 3, artigo 582, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/microorganisms12030582.

OLIVEIRA, M. A., MACHADO, G. A., PEREIRA, M. S., & PANTOJA, M. J. (2024). Inovações na agricultura orgânica: revisão sistemática e bibliométrica de literatura. Revista de Economia e Sociologia Rural, 62(2), e269069. DOI:https://doi. org/10.1590/1806-9479.2022.26906.

PABREJA, Kavita; VERMA, Reetu; KUMAR, Ashok. GenAI: a scientometric analysis of research trends using biblioshiny and VOSviewer. Discover Artificial Intelligence, v. 6, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s44163-025-00760-5.

PAGE, M. J.; McKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T. C.; MULROW, C. D.; SHAMSEER, L.; TETZLAFF, J. M.; AKL, E. A.; BRENNAN, S. E.; CHOU, R.; GLANVILLE, J.; GRIMSHAW, J. M.; HRÓBJARTSSON, A.; LALU, M. M.; LI, T.; LODER, E. W.; MAYO-WILSON, E.; McDONALD, S.; McGUINNESS, L. A.; STEWART, L. A.; THOMAS, J.; TRICCO, A. C.; WELCH, V. A.; WHITING, P.; MOHER, D. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, v. 372, n. 71, 2021. DOI: https://doi.org/10.1136/bmj.n71.

PANKIEVICZ, V. C. S.; IRVING, T. B.; MAIA, L. G. S.; ANÉ, J.-M. Are we there yet? The long walk towards the development of efficient symbiotic associations between nitrogen-fixing bacteria and non-leguminous crops. BMC Biology, v. 17, p. 99, 2019.DOI: https://doi.org/10.1186/s12915-019-0710-0.

PAREDES-PÁLIZ, K. I.; PAJUELO, E.; DOUKKALI, B.; CAVIEDES, M. Á.; RODRÍGUEZ LLORENTE, I. D.; MATEOS-NARANJO, E. Bacterial inoculants for enhanced seed germination of Spartina densiflora: implications for restoration of metal polluted areas. Marine Pollution Bulletin, v. 110, p. 396–400, 2016.DOI: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.036.

PARTELLI, F. L.; GOLYNSKI, A.; FERREIRA, A.; MARTINS, M. Q.; MAURI, A. L.; RAMALHO, J. C.; VIEIRA, H. D. Andina - first clonal cultivar of high-altitude conilon coffee. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v. 19, n. 4, p. 476-480, 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332019v19n4c68.

PATHANIA, P.; RAJTA, A.; SINGH, P. C.; BHATIA, R. Role of plant growth-promoting bacteria in sustainable agriculture. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, v. 30, 101842, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101842.

PAULINO, G. M.; ALVES, B. J. R.; BARROSO, D. G.; URQUIAGA, S.; ESPINDOLA, J. A. A. Fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 44, p. 1598–1607, 2009.DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009001200006.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

PEDROSA, F. O.; OLIVEIRA, A. L. M.; GUIMARÃES, V. F.; ETTO, R. M.; SOUZA, E. M.; FURMAM, F. G.; GONÇALVES, D. R. P.; SANTOS, O. J. A. P.; GONÇALVES, L. S. A.; BATTISTUS, A. G.; GALVÃO, C. W. The ammonium excreting Azospirillum brasilense strain HM053: a new alternative inoculant for maize. Plant and Soil, v. 451, p. 45–56, 2020.DOI: https://doi.org/10.1007/s11104-019-04124-8.

PEREIRA-DEFILIPPI, L.; PEREIRA, E. M.; SILVA, F. M.; MORO, G. V. Expressed sequence tags related to nitrogen metabolism in maize inoculated with Azospirillum brasilense. Genetics and Molecular Research, v. 16, 2017. https://doi.org/10.4238/gmr16029682

PRADANA, Ankardiansyah Pandu et al. Biocontrol of root-knot nematode Meloidogyne incognita in arabica coffee seedling by using fortified bacterial consortium. Coffee Science, v. 17, e172063, 2022. DOI: https://doi.org/10.25186/.v17i.2063.

RAFI, MOKULA & KRISHNAVENI, M.S. & CHARYULU, P.B.B.N. (2019). Phosphate-Solubilizing Microorganisms and Their Emerging Role in Sustainable Agriculture. DOI: 10.1016/B978-0-12-816328-3.00017-9.

RASOOL, A.; MIR, M. I.; ZULFAJRI, M.; HANAFIAH, M. M.; UNNISA, S. A.; MAHBOOB, M. Plant growth-promoting and antifungal asset of indigenous rhizobacteria secluded from saffron (Crocus sativus L.) rhizosphere. Microbial Pathogenesis, Amsterdam, v. 150, p. 104734, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.104734.

RETHLEFSEN, M. L.; KIRTLEY, S.; WAFFENSCHMIDT, S.; AYALA, A. P.; MOHER, D.; PAGE, M. J.; KOFFEL, J. B.; PRISMA-S GROUP. PRISMA-S: an extension to the PRISMA statement for reporting literature searches in systematic reviews. Journal of the Medical Library Association, v. 109, n. 2, p. 174–200, 2021. DOI: https://doi.org/10.5195/jmla.2021.962.

SANTOS, M. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Microbial inoculants: reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture. AMB Express, Heidelberg, v. 9, p. 205, 2019. DOI: https://doi.org/10.1186/s13568-019-0932-0.

SANTOS, M. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Outstanding impact of Azospirillum brasilense strains Ab-V5 and Ab-V6 on the Brazilian agriculture: lessons that farmers are receptive to adopt new microbial inoculants. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 45, Art. e0200128, 2021. DOI: https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20200128.

SANTOYO, G.; GUZMAN-GUZMAN, P.; PARRA-COTA, F. I.; DE LOS SANTOS VILLALOBOS, S.; OROZCO-MOSQUEDA, M. C.; GLICK, B. R. Plant growth stimulation by microbial consortia. Agronomy, Basel, v. 11, p. 219, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy11020219.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

SILVA, A. F. G.; BARBOSA, K. A.; SILVA, A. F.; CRUZ, J. E. Potencial dos bioinsumos para a agricultura sustentável: uma análise a partir de suas características, conceitos e vantagens. Revista Mirante, Anápolis, v. 17, n. 2, p. 250–265, dez. 2024.

SILVA, Leonardo Caixeta da; BARBOSA, Camila Karen Reis; FRANCO JUNIOR, Kleso Silva. Evaluation of the effect of Azospirillum brasilense inoculation on arabic coffee seedlings. Coffee Science, v. 15, e151678, 2020. DOI: https://doi.org/10.25186/cs.v15i.1678.

SILVEIRA, Adriana Parada Dias et al. Arbuscular mycorrhizal fungi inoculation for coffee seedling production with commercial and conventional substrates. Bragantia, v. 82, e20220161, 2023. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-4499.20220161.

SINGH, N.; GUPTA, S.; MARWA, N.; PANDEY, V.; VERMA, P. C.; RATHAUR, S. et al. Arsenic mediated modifications in Bacillus aryabhattai and their biotechnological applications for arsenic bioremediation. Chemosphere, Amsterdam, v. 164, p. 524–534, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.08.119.

SNYDER, Hannah. Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. Journal of Business Research, v. 104, p. 333–339, 1 nov. 2019.

SOUZA, Marcela Pádua Paulino de et al. Beneficial bacteria improve seedling growth and nutrition and promote biological control of coffee diseases. Journal of Applied Microbiology, v. 136, n. 3, lxaf050, 2025. DOI: https://doi.org/10.1093/jambio/lxaf050.

SURIANI, N. L.; AL-ZHARANI, M.; NASR, F. A.; et al. Rhizobacteria consortium improves growth, yield, and phytochemicals in Robusta coffee (Coffea canephora L.). _Frontiers in Microbiology_, v. 16, p. 1602940, 2025. DOI: https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1602940.

URGILES-GÓMEZ, N.; AVILA-SALEM, M. E.; LOJÁN, P.; ENCALADA, M.; HURTADO, L.; ARAUJO, S.; COLLAHUAZO, Y.; GUACHANAMÁ, J.; POMA, N.; GRANDA, K.; et al. Plant growth-promoting microorganisms in coffee production: from isolation to field application. Agronomy, v. 11, n. 8, p. 1531, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy11081531.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. Scientometrics, v. 84, n. 2, p. 523–538, 2010. DOI: https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3.

Van Eck, N.J., & Waltman, L. (2014). Visualizando redes bibliométricas. Em Y. Ding, R. Rousseau, & D. Wolfram (Eds.), Medindo o impacto acadêmico: Métodos e prática (pp. 285–320). Springer.

Vega, MEG; Rodriguez, AH; Diaz, YH; Espino, JAL; Viva, MF; Ardisana, EFH; Pérez-Álvarez, S. Caracterização e potencial de promoção do crescimento vegetal de grupos

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 24/09/2026 - **Accepted:** 25/10/2026
Vol: 13.22
DOI: 10.66104/qqrwed49
Pages: 1-29

microbianos associados a uma coleção de Coffea sp. Emirates Journal of Food and Agriculture, v. 32, p. 358-367, 2020. https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i5.2105.

XIAO, W.; BOUCHER, S. R.; SEXTON, R. J. Local conditions matter: climate change and coffee production in Brazil. Climatic Change, v. 178, p. 183, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s10584-025-04037-9.

XIONG, Y.; OU, X.; JIA, R.; YU, Z.; XU, Q. Research progress in application of Bacillus aryabhattai. Biotechnology, [S.l.], v. 28, p. 302–306, 2018. DOI: https://doi.org/10.33073/pjm2020-037.

ZHOU, X.; GAO, H.; LI, M.; TANG, J. Y.; CHEN, Y. Cultivable bacterial diversity of Paris polyphylla var. chinensis with 16S RNA sequence analysis. Chinese Traditional Herbal Drugs, Beijing, v. 48, p. 3807–3814, 2017. DOI: https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2017.18.022.