ReGeo
ISSN: 2177-3246

COMUNIDADES MICROBIANAS SINTÉTICAS COMO FERRAMENTAS PARA A AGRICULTURA SUSTENTÁVEL NO BRASIL

SYNTHETIC MICROBIAL COMMUNITIES AS TOOLS FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE IN BRAZIL

COMUNIDADES MICROBIANAS SINTÉTICAS COMO HERRAMIENTAS PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE EN BRASIL

10.56238/revgeov17n3-125

Bruno Sousa Silva
Graduando em Engenharia Agronômica
Instituição: Universade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)
Endereço: Maranhão, Brasil
E-mail: brunosilva.20200002791@uemasul.edu.br

Brunna Silva de Almeida Leite
Mestranda em Ciências Ambientais
Instituição: Universade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)
Endereço: Maranhão, Brasil
E-mail: brunna.almeida@uemasul.edu.br

Antonio de Oliveira Louro
Mestrando em Produção Vegetal
Instituição: Universade Estadual do Norte Fluminense (UENF)
Endereço: Rio de Janeiro, Brasil
E-mail: 202423120004@pq.uenf.br

Kalyne Pereira Miranda Nascimento
Mestre em Agricultura e Ambiente
Instituição: Universidade Estadual do Maranhão
Endereço: Maranhão, Brasil
E-mail: kalyneengenheiraag@gmail.com

Jonathan dos Santos Viana
Doutor em Agronomia (Ciência do Solo)
Instituição: Universidade Estadual do Maranhão
Endereço: Maranhão, Brasil
E-mail: jonathan.viana@uemasul.edu.br

ReGeo
ISSN: 2177-3246

Ruth de Abreu Araújo
Doutora em Produção Vegetal (Solos e Nutrição de Plantas)
Instituição: Universade Estadual do Norte Fluminense (UENF)
Endereço: Maranhão, Brasil
E-mail: rutha.araujo@uemasul.edu.br

Ivaneide de Oliveira Nascimento
Doutora em Agroecologia
Instituição: Universidade Estadual do Maranhão
Endereço: Maranhão, Brasil
E-mail: ivaneide@uemasul.edu.br

Thatyane Pereira de Sousa
Doutora em Agronomia (Fitossanidade)
Instituição: Universade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)
Endereço: Maranhão, Brasil
E-mail: thatyane.sousa@uemasul.edu.br

RESUMO
Considerando os desafios enfrentados pela agricultura brasileira relacionados à sustentabilidade ambiental e à dependência de insumos químicos, este trabalho teve como objetivo avaliar o estado da arte sobre o uso de comunidades microbianas sintéticas (Synthetic Microbial Communities – SynComs) como ferramentas para a agricultura sustentável no Brasil. Para tanto, realizou-se uma revisão bibliográfica narrativa, de natureza qualitativa e descritiva, a partir de publicações científicas nacionais e internacionais disponíveis nas bases Google Acadêmico, SciELO, Periódicos CAPES e ScienceDirect, abrangendo o período de 2015 a 2025. Os resultados evidenciam que as SynComs apresentam impactos agronômicos positivos, como a promoção do crescimento vegetal, maior eficiência na absorção de nutrientes e supressão de fitopatógenos, além de benefícios ambientais associados à melhoria da saúde do solo e à redução do uso de agroquímicos. Observou-se ainda que essa tecnologia está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e às políticas públicas brasileiras voltadas ao uso de bioinsumos. Conclui-se que as comunidades microbianas sintéticas se configuram como uma alternativa promissora para o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais eficientes, resilientes e sustentáveis, embora ainda demandem estudos de validação em condições de campo e em diferentes contextos edafoclimáticos.

Palavras-chave: Comunidades Microbianas Sintéticas. Agricultura Sustentável. Microbiota do Solo. Bioinsumos. Brasil.

ABSTRACT
Considering the challenges faced by Brazilian agriculture related to environmental sustainability and dependence on chemical inputs, this study aimed to assess the state of the art on the use of synthetic microbial communities (SynComs) as tools for sustainable agriculture in Brazil. To this end, a qualitative and descriptive narrative literature review was conducted based on national and international scientific publications available in Google Scholar, SciELO, CAPES Journals, and ScienceDirect, covering the period from 2015 to 2025. The results show that SynComs have positive agronomic impacts, such as promoting plant growth, greater efficiency in nutrient absorption and

suppression of phytopathogens, as well as environmental benefits associated with improved soil health and reduced use of agrochemicals. It was also observed that this technology is aligned with the Sustainable Development Goals and Brazilian public policies focused on the use of bio-inputs. It is concluded that synthetic microbial communities are a promising alternative for the development of more efficient, resilient, and sustainable agricultural systems, although they still require validation studies under field conditions and in different soil and climate contexts.

Keywords: Synthetic Microbial Communities. Sustainable Agriculture. Soil Microbiota. Bio-Inputs. Brazil.

RESUMEN

Teniendo en cuenta los retos a los que se enfrenta la agricultura brasileña en relación con la sostenibilidad medioambiental y la dependencia de insumos químicos, el objetivo de este trabajo fue evaluar el estado actual del uso de comunidades microbianas sintéticas (Synthetic Microbial Communities, SynComs) como herramientas para la agricultura sostenible en Brasil. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica narrativa, de naturaleza cualitativa y descriptiva, a partir de publicaciones científicas nacionales e internacionales disponibles en las bases Google Académico, SciELO, Periódicos CAPES y ScienceDirect, que abarcan el período de 2015 a 2025. Los resultados evidencian que las SynComs tienen impactos agronómicos positivos, como la promoción del crecimiento vegetal, una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes y la supresión de fitopatógenos, además de beneficios ambientales asociados a la mejora de la salud del suelo y la reducción del uso de agroquímicos. También se observó que esta tecnología está en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y las políticas públicas brasileñas orientadas al uso de bioinsumos. Se concluye que las comunidades microbianas sintéticas se configuran como una alternativa prometedora para el desarrollo de sistemas agrícolas más eficientes, resilientes y sostenibles, aunque aún requieren estudios de validación en condiciones de campo y en diferentes contextos edafoclimáticos.

Palabras clave: Comunidades Microbianas Sintéticas. Agricultura Sostenible. Microbiota del Suelo. Bioinsumos. Brasil.

1 INTRODUÇÃO

No contexto atual, a agricultura brasileira consolida-se pelo seu alto impacto mundial na produção de alimentos, sendo este um dos setores que mais contribui para a economia do país. Dados da CONAB (2026) apontam que no ano de 2025 o Brasil atingiu uma safra recorde de produção dos principais grãos, com 346,1 milhões de toneladas produzidas, isso graças a investimentos em pesquisas, mas sobretudo da inserção de novas tecnologias no campo.

Apesar disso, a agricultura brasileira enfrenta desafios complexos relacionados à sustentabilidade e à produção eficiente de alimentos. A agricultura convencional proporciona produção em larga escala, maiores produtividades e menor custo final, por outro lado, também se caracteriza pelo uso intensivo de químicos que contribuem para a degradação do solo, a poluição ambiental, a perda da biodiversidade, impactos a saúde humana e animal, dentre outros (Basso *et al*, 2025; Meena *et al*, 2020).

Pereira (2019) cita que o solo se caracteriza por ser um dos recursos mais afetados pelas práticas agrícolas convencionais, visto que é de suma importância a todo o aporte cíclico de vida na terra, seja pela sustentação das plantas, fornecimento de nutrientes, até mesmo de ser o lar de microrganismos benéficos úteis na ciclagem nutritiva. Com isso, a inserção de sistemas de produção sustentáveis deve ser a nova tendencia mundial, haja vista que esses sistemas estão passando de um viés preventivo para um viés de urgência.

Nesse cenário, a adoção de práticas agrícolas sustentáveis alinha-se diretamente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU) na Agenda 2030. Destacam-se, sobretudo, o ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), que busca promover sistemas produtivos eficientes e resilientes; o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), relacionado à redução do uso de insumos químicos e à otimização de recursos naturais; o ODS 13 (Ação Contra a Mudança do Clima), ao considerar estratégias que mitiguem impactos ambientais e aumentem a resiliência dos sistemas agrícolas; e o ODS 15 (Vida Terrestre), que enfatiza a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos do solo.

Nesse contexto, o uso de tecnologias baseadas em microrganismos tem emergido como uma alternativa viável para atender às demandas crescentes por produtividade e sustentabilidade. As comunidades microbianas sintéticas (SynComs) representam um conceito inovador, onde consórcios de microrganismos são projetados para desempenhar funções específicas, como a promoção de crescimento vegetal e a proteção contra patógenos (Andreata *et al*, 2024).

O potencial das SynComs na agricultura é amplo, abrangendo desde a melhoria da eficiência na absorção de nutrientes até o fortalecimento da resiliência das plantas a estresses ambientais. Além disso, essas comunidades são desenvolvidas com base em abordagens científicas e tecnológicas avançadas, utilizando ferramentas como a engenharia genética e o aprendizado de máquina (Ke *et al*.,

2021). Essa combinação de ciência e tecnologia destaca a importância das SynComs como uma solução promissora para os desafios atuais da agricultura.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar criticamente o estado da arte sobre o uso de comunidades microbianas sintéticas na agricultura brasileira, considerando seus impactos agronômicos, ambientais e sua contribuição para a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O solo constitui um sistema dinâmico e complexo de interação entre os componentes físicos, químicos e biológicos responsáveis pela manutenção dos processos ecossistêmicos essenciais à produção agrícola (Stamford *et al,* 2005; Luchese, Favero, Lenzi, 2025). Nesse complexo dinâmico a microbiota do solo desempenha papel central na ciclagem de nutrientes, na decomposição da matéria orgânica, na formação e estabilidade da estrutura do solo e na regulação das interações entre plantas e microrganismos (Stamford *et al,* 2005; Stork, 2018).

Bactérias, fungos e outros grupos microbianos participam ativamente de processos fundamentais, como a fixação biológica de nitrogênio (Oliveira *et al*, 2024), a solubilização de fósforo (Cruz *et al*, 2024), a produção de fitormônios e a supressão de fitopatógenos, contribuindo diretamente para a fertilidade natural do solo e o desenvolvimento vegetal (Silva *et al,* 2024). A diversidade e a funcionalidade dessas comunidades microbianas estão, portanto, intimamente relacionadas à saúde do solo e à sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Práticas agrícolas baseadas no uso intensivo de fertilizantes minerais e defensivos químicos, podem comprometer a estrutura e a funcionalidade da microbiota do solo, reduzindo a capacidade de prestar serviços ecossistêmicos (Carneiro *et al*, 2022). Em ambientes tropicais esses impactos tendem a ser mais acentuados, em função das características dos solos altamente intemperizados e da elevada dependência de insumos externos para manutenção da produtividade (Stamford *et al,* 2005).

Nesse contexto, o uso de microrganismos como ferramentas biotecnológicas na agricultura tem sido historicamente explorado por meio de inoculantes microbianos, geralmente compostos por uma ou poucas estirpes selecionadas para desempenhar funções específicas (Florêncio *et al*, 2022), como a fixação biológica de nitrogênio ou a promoção do crescimento vegetal. No Brasil, essa tecnologia tem apresentado resultados expressivos, especialmente em culturas de grande relevância econômica, como a soja (Alves Souza, 2024).

Apesar dos avanços, inoculantes baseados em microrganismos isolados apresentam limitações importantes, como baixa persistência no solo, competição com a microbiota nativa e desempenho variável sob diferentes condições edafoclimáticas (Florêncio *et al*, 2022). Essas limitações evidenciam a necessidade de abordagens mais integrativas, que considerem o solo como um sistema biológico interconectado, no qual múltiplos microrganismos interagem entre si e com as plantas de forma

sinérgica. Nesse cenário, emergem as comunidades microbianas sintéticas (Synthetic Microbial Communities – SynComs), uma abordagem inovadora fundamentada nos princípios da ecologia sintética e da microbiologia aplicada.

As SynComs consistem em consórcios de microrganismos cuidadosamente selecionados e combinados com base em critérios ecológicos, funcionais e genéticos, com o objetivo de desempenhar funções específicas de maneira mais estável, previsível e eficiente quando comparadas aos inoculantes tradicionais (Zhou *et al*, 2024). Avanços recentes em tecnologias como o sequenciamento de nova geração, a metagenômica, a bioinformática, a engenharia genética e o aprendizado de máquina têm ampliado significativamente a capacidade de compreender, modelar e projetar essas comunidades, tornando as SynComs uma alternativa promissora para o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais eficientes, resilientes e sustentáveis (Shayanthan, Ordoñez & Oresñik, 2022; Mancine, 2025).

3 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como sendo uma pesquisa de natureza qualitativa e descritiva, utilizando como procedimento técnico a revisão bibliográfica narrativa (Rother, 2007) de modo a reunir resultados de diversas produções científicas a respeito do uso de comunidades microbianas sintéticas na agricultura brasileira. A condução do estudo foi estruturada a partir de um levantamento bibliográfico sistemático realizado nas bases de dados Google Acadêmico, SciELO (*Scientific Electronic Library Online*), Periódicos CAPES e ScienceDirect.

Para a seleção do material, foram utilizados descritores combinados em português e inglês, tais como "SynComs", "Agricultura Sustentável/Sustainable Agriculture", "Microbiota do Solo/Soil Microbiota", "Brasil/Brazil" abrangendo publicações editadas entre os anos de 2015 e 2025. Os critérios de inclusão compreenderam artigos originais, revisões de literatura, teses e boletins técnicos que abordam especificamente sobre o tema.

Foram excluídos trabalhos que não apresentam rigor científico ou que tratem do tema fora do escopo agronômico. Após a coleta, os documentos foram submetidos a uma leitura exploratória e posterior análise de conteúdo, permitindo a organização dos dados em categorias temáticas que discutam sobre os impactos agronômicos, ambientais e sustentáveis dos SynComs no Brasil.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PANORAMA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE COMUNIDADES MICROBIANAS SINTÉTICAS APLICADAS À AGRICULTURA

A literatura analisada demonstra que as comunidades microbianas sintéticas (Synthetic Microbial Communities – SynComs) vêm sendo amplamente estudadas como uma evolução conceitual e tecnológica dos inoculantes microbianos tradicionais, especialmente no contexto da agricultura

sustentável (Ke et al., 2021). Esses estudos se apoiam no avanço das técnicas de sequenciamento de nova geração, metagenômica, bioinformática e culturomics, que permitiram compreender de forma mais aprofundada a estrutura, função e interação dos microbiomas associados às plantas (Brüssow; Bruessow; Brüssow, 2024).

Grande parte das pesquisas concentra-se em sistemas agrícolas intensivos, envolvendo culturas alimentares e comerciais estratégicas, como tomate, soja, cana-de-açúcar, alho e banana, além de estudos conceituais aplicáveis a sistemas tropicais (Zhuang et al., 2020; Beltran-Garcia et al., 2021). Embora muitos experimentos tenham sido conduzidos fora do Brasil, diversos trabalhos abordam condições edafoclimáticas semelhantes às encontradas nos solos tropicais brasileiros, o que amplia a relevância dos resultados para o contexto nacional (Stamford et al., 2005).

Os estudos convergem ao indicar que SynComs são desenvolvidas a partir da seleção racional de microrganismos com funções complementares, buscando maior estabilidade funcional e previsibilidade dos efeitos agronômicos quando comparadas a inoculações baseadas em microrganismos isolados (Ke et al., 2021). Essa abordagem representa um avanço importante frente às limitações dos inoculantes convencionais já amplamente discutidas na literatura brasileira (Florêncio *et al*., 2022; Alves Souza, 2024).

4.2 IMPACTOS AGRONÔMICOS DAS COMUNIDADES MICROBIANAS SINTÉTICAS EM SISTEMAS AGRÍCOLAS

Os resultados apresentados na literatura indicam que as comunidades microbianas sintéticas exercem impactos agronômicos positivos e consistentes sobre o crescimento, desenvolvimento e desempenho produtivo das plantas (Zhuang *et al*., 2020; Ke *et al.,* 2021). Em diferentes culturas, as SynComs demonstraram capacidade de promover maior desenvolvimento radicular, aumento da biomassa vegetal e melhoria na eficiência de absorção de nutrientes essenciais, como nitrogênio e fósforo (Cruz *et al.,* 2024).

Estudos conduzidos em áreas degradadas evidenciaram que comunidades bacterianas sintéticas foram capazes de remodelar a microbiota do solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes e favorecendo a recuperação da funcionalidade biológica do sistema edáfico (Cruz *et al.,* 2024). Em sistemas tropicais, como os predominantes no Brasil, esses efeitos são particularmente relevantes, considerando a baixa fertilidade natural dos solos e a elevada dependência de fertilizantes minerais (Stamford *et al.,* 2005; Meena *et al*., 2020).

No contexto de culturas de importância econômica para o Brasil, pesquisas com soja e cana-de-açúcar demonstraram que SynComs influenciam positivamente tanto a microbiota rizosférica quanto endofítica, resultando em melhorias fisiológicas e nutricionais das plantas (Zhou *et al.,* 2024). Esses resultados reforçam o potencial das comunidades microbianas sintéticas como ferramentas

complementares às tecnologias biológicas já consolidadas, como a fixação biológica de nitrogênio (Oliveira *et al*., 2024).

Além disso, diversos estudos demonstraram que SynComs apresentam elevada eficiência na supressão de fitopatógenos de solo. Comunidades microbianas envolvendo bactérias e fungos atuaram de forma sinérgica na redução da incidência da murcha de *Fusarium*, promovendo maior sanidade vegetal e estabilidade produtiva (Zhou *et al*., 2022; Beltran-Garcia *et al*., 2021). Esses achados indicam um potencial significativo de redução do uso de defensivos químicos, aspecto estratégico para a agricultura brasileira.

4.3 IMPACTOS AMBIENTAIS E EFEITOS SOBRE A SAÚDE DOS SOLOS AGRÍCOLAS

Além dos ganhos agronômicos, a literatura evidencia que o uso de comunidades microbianas sintéticas contribui positivamente para a saúde e sustentabilidade dos solos agrícolas (Brüssow; Bruessow; Brüssow, 2024). A inoculação com SynComs tem sido associada ao aumento da diversidade e da estabilidade funcional da microbiota do solo, favorecendo processos fundamentais como ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica e manutenção da estrutura do solo (Silva *et al.,* 2024; Stork, 2018).

Práticas agrícolas intensivas baseadas no uso excessivo de agroquímicos têm sido amplamente relacionadas à degradação da microbiota do solo e à perda de serviços ecossistêmicos (Carneiro *et al.,* 2022; Meena *et al.,* 2020). Nesse sentido, estudos indicam que a adoção de comunidades microbianas sintéticas pode reduzir a necessidade de fertilizantes minerais e defensivos químicos, mitigando impactos ambientais como a contaminação de recursos hídricos e a emissão de gases de efeito estufa (Andreata *et al*., 2024; Basso *et al.,* 2025).

Em sistemas tropicais, a atuação das SynComs mostrou-se especialmente relevante para a manutenção da biodiversidade edáfica e para o aumento da resiliência do solo frente a estresses abióticos, como déficit hídrico e altas temperaturas (Oliveira *et al*., 2024). Esses efeitos reforçam o papel das comunidades microbianas sintéticas como aliadas na conservação dos solos agrícolas brasileiros.

4.4 CONTRIBUIÇÃO DAS SYNCOMS PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA BRASILEIRA

A integração dos impactos agronômicos e ambientais observados permite afirmar que as comunidades microbianas sintéticas constituem ferramentas estratégicas para a sustentabilidade da agricultura brasileira (Brüssow; Bruessow; Brüssow, 2024). Ao promover maior eficiência produtiva com menor dependência de insumos externos, essas tecnologias contribuem diretamente para modelos de intensificação sustentável e para a transição agroecológica dos sistemas produtivos.

No Brasil, a adoção de tecnologias microbianas encontra respaldo institucional no Programa Nacional de Bioinsumos, instituído pelo Decreto nº 10.375/2020, que incentiva o desenvolvimento e a utilização de produtos de base biológica como estratégia para ampliar a sustentabilidade, a inovação e a competitividade do setor agropecuário (BRASIL, 2020). Esse ambiente regulatório favorece a incorporação das SynComs como componentes estratégicos dos sistemas agrícolas nacionais.

Sob a ótica da Agenda 2030, as comunidades microbianas sintéticas apresentam alinhamento direto com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente o ODS 2, ODS 12, ODS 13 e ODS 15, ao promoverem agricultura sustentável, produção responsável, mitigação das mudanças climáticas e conservação da biodiversidade do solo (Basso *et al.,* 2025).

4.5 LIMITAÇÕES, DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Apesar do potencial evidenciado, a literatura também aponta limitações e desafios associados ao uso de comunidades microbianas sintéticas em sistemas agrícolas reais. A estabilidade dessas comunidades frente à microbiota nativa, a variabilidade de desempenho em diferentes condições edafoclimáticas e a necessidade de validação em ensaios de campo de longa duração são aspectos frequentemente destacados (Ke *et al*., 2021; Zhou *et al*., 2022).

No contexto brasileiro, torna-se essencial ampliar estudos em diferentes culturas e biomas, bem como avançar na compreensão dos fatores ecológicos que influenciam a persistência e a funcionalidade das SynComs (Mancine, 2025; Martins; Martins; Hardoim, 2023). Perspectivas futuras indicam que a integração entre abordagens ômicas, modelagem computacional e aprendizado de máquina poderá aprimorar o desenho racional dessas comunidades, ampliando sua eficiência e aplicabilidade em larga escala (Shayanthan; Ordoñez; Oresnik, 2022).

5 CONCLUSÃO

As evidências discutidas ao longo deste trabalho demonstram que as comunidades microbianas sintéticas (SynComs) mostram-se mais eficientes e estáveis do que inoculantes tradicionais, promovendo melhorias no crescimento vegetal, na absorção de nutrientes, na supressão de fitopatógenos e na recuperação da saúde do solo. Tais efeitos são especialmente relevantes para os sistemas agrícolas tropicais brasileiros, caracterizados por solos altamente intemperizados e elevada dependência de insumos externos.

Apesar dos desafios relacionados à estabilidade dessas comunidades em campo e à necessidade de validação em larga escala, o avanço das ferramentas ômicas e da modelagem computacional amplia as perspectivas de aplicação das SynComs. Dessa forma, conclui-se que as comunidades microbianas sintéticas constituem uma ferramenta estratégica para a transição da agricultura brasileira rumo a sistemas mais produtivos, resilientes e alinhados aos princípios da sustentabilidade

REFERÊNCIAS

ALVES SOUZA, G. A. **Efeito de uma comunidade bacteriana sintética para promoção do crescimento de plantas de soja (*Glycine max* L. Merr.)**. 64 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Vegetal) – UENF – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2024.

ANDREATA, M. F. de L., *et al*. Microbial Fertilizers: A Study on the Current Scenario of Brazilian Inoculants and Future Perspectives. **Plants**, v. 13, 2024. Disponível em: https://api.semanticscholar.org/CorpusID:271871048.

BASSO, M. C. A.; *et al*. Biofertilizantes e biochar: impactos sustentáveis e políticas públicas para a agricultura brasileira. **Caderno Pedagógico**, *[S. l.]*, v. 22, n. 1, p. e13575, 2025. DOI: 10.54033/cadpedv22n1-216. Disponível em: https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/13575. Acesso em: 24 jan. 2026.

BELTRAN-GARCIA, M. J. *et al.* Cross-kingdom interactions in synthetic microbial communities suppress plant diseases. ***Frontiers in Microbiology***, Lausanne, v. 12, p. 747541, 2021. DOI: 10.3389/fmicb.2021.747541

BRASIL. Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10375.htm. Acesso em: 26 jan. 2026.

BRÜSSOW, F.; BRUESSOW, F.; BRÜSSOW. The role of the plant microbiome for forestry, agriculture and urban greenspace. ***Microbial Biotechnology***, v. 17, n. 1, p. 1–14, 2024. DOI: 10.1111/1751-7915.14334.

CARNEIRO, C. J. *et al*. Impacto da produção de hortaliças em um sistema baseado em agroecológico sobre a qualidade química do solo. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, *[S. l.],* v. 11, n. 1, p. e47211125283, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i1.25283. Disponível em: https://rsdjournal.org/rsd/article/view/25283. Acesso em: 26 jan. 2026.

CONAB. **Produção de grãos e área plantada da safra 2025/26 mantém perspectiva de novos recordes**. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-e-area-plantada-da-safra-2025-26-mantem-perspectiva-de-novos-recordes>. Acesso em: 24 jan. 2026.

CRUZ, D. R. C.; *et al*. Microorganismos multifuncionais na agricultura: uma revisão sistemática sobre bactérias solubilizadoras de fósforo. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, *[S. l.]*, v. 17, n. 3, p. e5854, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.3-358. Disponível em: https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/5854. Acesso em: 26 jan. 2026

FLORÊNCIO, C. *et al.* Avanços na produção e formulação de inoculantes microbianos visando uma agricultura mais sustentável. **Química Nova**, v. 45, p. 1133-1145, 2022.

KE, J. *et al.* Microbiome engineering: Synthetic biology of plant-associated microbiomes in sustainable agriculture. **Trends in Biotechnology,** v. 39, n. 3, p. 244-261, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2020.07.008.

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos da química no solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos Editora, 2002.

MANCINE, N. **Caracterização de rizobactérias no porta-enxerto citrumelo 'Swingle' sob sistemas de cultivos orgânico e convencional**. 63f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) – UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2025.

MARTINS, E. D. S.; MARTINS, E.; HARDOIM, P. R. **Princípios Geoquímicos, Mineralógicos e Biológicos do Manejo de Remineralizadores de Solos**. Informe Agropecuário—EMBRAPA, 2023. Remineralizadores e a Fertilidade do Solo, v. 44, n. 321, pp. 26–393. Disponível online: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1156783/1/Eder-principios-geoquimicos-mineralogicos.pdf.

MEENA, R. S. *et al.* Impacto dos agroquímicos na microbiota e manejo do solo: uma revisão. **Land**, v. 9, n. 2, p. 34, 2020.

OLIVEIRA, A. L. P. de; *et al.* Uso de bioinsumos como possibilidade de atenuação dos efeitos do estresse hídrico. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, *[S. l.]*, v. 22, n. 9, p. e6566, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n9-039. Disponível em: https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/6566.

PEREIRA, D. G. C., *et al*. Potassium chloride: impacts on soil microbial activity and nitrogen mineralization. **Ciência Rural**, 49(5), e20180556, 2019.

ROTHER, E. T. **Revisão sistemática X Pesquisa narrativa**. São Paulo: Acta Paulista de Enfermagem, v. 20, n. 2, 2007.

SILVA, A. L. P. *et al*. As contribuições dos microrganismos na qualidade do solo na agricultura. **Peer Review**, v. 6, nº 7, 2024.

SHAYANTHAN, A.; ORDOÑEZ, P. A. C.; ORESNIK, I. J. O papel das comunidades microbianas sintéticas (SynCom) na agricultura sustentável. **Frontiers in Agronomy**, v. 4, p. 896307, 2022.

STAMFORD N. P. *et al.* Microbiota dos solos tropicais. In: MICHEREFF S. J. *et al.,* editores. **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco; 2005. p.61-93

STORK, N. E. How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth?. ***Annual Review Entomology***. v. 63, n. 31-45. 2018. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043348.

ZHOU, J. *et al.* Effect of synthetic microbial communities on rhizosphere and root-endophytic microbiota of soybean. **Chinese Journal of Eco-Agriculture**, v. 32, n. 4, p. 571-581, 2024.

ZHOU, X. *et al.* Cross-kingdom synthetic microbiota supports tomato suppression of *Fusarium* wilt disease. ***Nature Communications***, v. 13, n. 7890, 2022. DOI: 10.1038/s41467-022-35452-6.

ZHUANG, L. *et al.* Synthetic community with six *Pseudomonas* strains screened from garlic rhizosphere promotes plant growth. ***Microbial Biotechnology***, v. 13, n. 6, p. 1840–1853, 2020. DOI: 10.1111/1751-7915.13663.