v7.n10.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

USO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* NA AGRICULTURA: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA PELO MÉTODO PROKNOW-C

USE OF AZOSPIRILLUM BRASILENSE IN AGRICULTURE: BIBLIOMETRIC ANALYSIS USING THE PROKNOW-C METHOD

USO DE AZOSPIRILLUM BRASILENSE EN LA AGRICULTURA: ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO MEDIANTE EL MÉTODO PROKNOW-C

Deise de Araujo Monteiro[1], Gabriel Silva da Conceição[1], Geovanna Kelly Pereira Silva[1], Raíssa Rocha da Mata[1], Gilcyvan Costa de Sousa[2], Marileia Barros Furtado[3], Gerson Freitas Vieira Neto[4], Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos[5]

e7109240
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i10.9240

PUBLICADO: 10/2026

RESUMO

O uso de microrganismos promotores do crescimento vegetal tem despertado interesse na agricultura, especialmente em pesquisas relacionadas à sustentabilidade dos sistemas produtivos. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a produção científica sobre o uso de *Azospirillum brasilense* na agricultura, por meio de uma análise bibliométrica conduzida com o método ProKnow-C. A pesquisa caracteriza-se como descritiva, de abordagem quantitativa, e utilizou a base de dados Web of Science, com buscas realizadas em 6 de janeiro de 2025, considerando publicações de 2014 a 2024. Inicialmente, foram identificados 10.432 registros; após a aplicação dos filtros, foram obtidos 682 artigos, dos quais 364 compuseram o portfólio bibliográfico final. Os resultados evidenciaram a predominância do Brasil na produção científica, com 160 artigos e 2.041 citações. Entre as culturas agrícolas, milho e trigo apresentaram as maiores frequências, com 57 e 52 artigos, respectivamente. As palavras-chave mais recorrentes foram *Azospirillum brasilense*, *bacterium*, *growth* e *inoculation*, indicando a concentração das pesquisas em temas relacionados ao microrganismo, à inoculação e ao crescimento vegetal. Conclui-se que a análise bibliométrica permitiu caracterizar tendências e temas de interesse na produção científica sobre *A. brasilense*, além de identificar possibilidades para pesquisas futuras. Ressalta-se que os indicadores bibliométricos descrevem a produção científica analisada, mas não comprovam, isoladamente, a eficácia agronômica do microrganismo.

PALAVRAS-CHAVE: *Azospirillum brasilense*. Bioinsumos. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The use of plant growth-promoting microorganisms has attracted interest in agriculture, particularly in research related to the sustainability of production systems. In this context, this study aimed to analyze scientific production on the use of Azospirillum brasilense in agriculture through a bibliometric analysis conducted using the ProKnow-C method.

[1] Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha, Graduanda(o) em Agronomia.
[2] Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA), Campus Paulo VI, Doutorando em Ciência Animal pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).
[3] Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha, Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp).
[4] Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM), Centro de Ciências de Chapadinha, Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA).
[5] Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha, Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

This descriptive study adopted a quantitative approach and used the Web of Science database, with searches conducted on January 6, 2025, covering publications from 2014 to 2024. Initially, 10,432 records were identified. After applying the search filters, 682 articles were obtained, of which 364 comprised the final bibliographic portfolio. The results showed that Brazil had the largest scientific output, with 160 articles and 2,041 citations. Among the agricultural crops investigated, maize and wheat had the highest frequencies, with 57 and 52 articles, respectively. The most frequent keywords were Azospirillum brasilense, bacterium, growth, and inoculation, indicating that the literature concentrated on the microorganism, inoculation, and plant growth. The bibliometric analysis made it possible to characterize trends and topics of interest in scientific production on A. brasilense and to identify opportunities for future research. It should be emphasized that bibliometric indicators describe the scientific production analyzed but do not, by themselves, demonstrate the agronomic efficacy of the microorganism.

KEYWORDS: *Azospirillum brasilense. Bioinputs. Sustainability.*

RESUMEN
El uso de microorganismos promotores del crecimiento vegetal ha despertado interés en la agricultura, especialmente en investigaciones relacionadas con la sostenibilidad de los sistemas productivos. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo analizar la producción científica sobre el uso de Azospirillum brasilense en la agricultura mediante un análisis bibliométrico realizado con el método ProKnow-C. La investigación se caracteriza por ser descriptiva, con enfoque cuantitativo, y utilizó la base de datos Web of Science, con búsquedas realizadas el 6 de enero de 2025, considerando publicaciones del período de 2014 a 2024. Inicialmente, se identificaron 10.432 registros. Tras la aplicación de los filtros, se obtuvieron 682 artículos, de los cuales 364 integraron el portafolio bibliográfico final. Los resultados mostraron que Brasil presentó la mayor producción científica, con 160 artículos y 2.041 citas. Entre los cultivos agrícolas investigados, el maíz y el trigo registraron las mayores frecuencias, con 57 y 52 artículos, respectivamente. Las palabras clave más frecuentes fueron Azospirillum brasilense, bacterium, growth e inoculation, lo que indica la concentración de las investigaciones en temas relacionados con el microorganismo, la inoculación y el crecimiento vegetal. Se concluye que el análisis bibliométrico permitió caracterizar tendencias y temas de interés en la producción científica sobre A. brasilense, así como identificar oportunidades para futuras investigaciones. Cabe destacar que los indicadores bibliométricos describen la producción científica analizada, pero no demuestran, por sí solos, la eficacia agronómica del microorganismo.

PALABRAS CLAVE*: Azospirillum brasilense. Bioinsumos. Sostenibilidad.*

INTRODUÇÃO

A agricultura constitui uma das principais bases da economia brasileira, marcada por mudanças nos sistemas produtivos e por investimentos em tecnologias e melhoramento genético, que contribuem para o aumento da produtividade e da competitividade (Castro, 2012; Quintam; Assunção, 2023).

Nesse contexto, os microrganismos promotores do crescimento vegetal têm despertado interesse por seu potencial de favorecer o desenvolvimento das plantas e contribuir para a sustentabilidade agrícola. Entretanto, seus efeitos dependem das características do microrganismo, da espécie vegetal, das condições ambientais e do manejo, não representando

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

necessariamente a substituição de fertilizantes e outros insumos químicos (Polli *et al*., 2012; Avis *et al*., 2008).

Entre esses microrganismos, destaca-se *Azospirillum brasilense*, bactéria estudada por sua associação com diferentes culturas agrícolas e por seu potencial de promover o crescimento vegetal. A análise das publicações sobre essa bactéria permite identificar as culturas mais investigadas, as tendências de pesquisa e os aspectos que ainda precisam ser aprofundados para compreender sua aplicação na agricultura (Santos-Villalobos; Parra-Cota, 2021).

Diante disso, este estudo teve como objetivo analisar a produção científica sobre o uso de *Azospirillum brasilense* na agricultura, por meio do método ProKnow-C, buscando caracterizar a evolução das publicações, os principais autores, países e periódicos, bem como os temas abordados e as possíveis lacunas de pesquisa.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. *Azospirillum brasilense* na agricultura

O *Azospirillum brasilense* é uma bactéria associada às raízes das plantas, estudada por seu potencial de estimular o crescimento vegetal, especialmente em culturas como milho e trigo, favorecendo o desenvolvimento das plantas e a absorção de nutrientes (Fibach-Paldi; Burdman; Okon, 2012). Entre seus principais mecanismos de ação estão a fixação biológica de nitrogênio, a produção de fitormônios e o estímulo ao crescimento radicular, que podem atuar de forma conjunta na resposta das plantas à inoculação (Backer *et al.*, 2018).

A bactéria pode fixar nitrogênio atmosférico e contribuir para a nutrição vegetal, além de atuar no desenvolvimento das raízes (Fibach-Paldi; Burdman; Okon, 2012). A produção de fitormônios, principalmente auxinas, também favorece a formação de raízes laterais, contribuindo para um sistema radicular mais desenvolvido e para a absorção de água e nutrientes (Perrig *et al.*, 2007).

1.2. Uso em culturas agrícolas

Fukami *et al*. (2016) avaliaram diferentes métodos de inoculação de *Azospirillum brasilense* em milho e trigo. No Brasil, as estirpes Ab-V5 e Ab-V6 são utilizadas em inoculantes devido ao seu potencial de favorecer o crescimento e a produtividade vegetal (Santos; Nogueira; Hungria, 2021). Esses microrganismos também podem contribuir para a tolerância das plantas a condições adversas, como seca e salinidade (Backer *et al*., 2018).

Entretanto, os resultados da inoculação variam conforme a cultura, a estirpe, as condições do solo e o método de aplicação (Fukami *et al*., 2016). Por isso, é importante investigar

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

a coinoculação com outros microrganismos, a interação com a adubação nitrogenada e a eficiência dos inoculantes em diferentes ambientes e culturas. Esses estudos podem esclarecer as possibilidades e limitações do uso de *A. brasilense* como bioinsumo agrícola e contribuir para o aprimoramento das estratégias de inoculação.

2. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa descritiva, de abordagem quantitativa, com enfoque na análise bibliométrica da produção científica sobre o uso de *Azospirillum brasilense* na agricultura. Para a seleção e organização dos artigos científicos, utilizou-se o método ProKnow-C (*Knowledge Development Process – Constructivist*), proposto por Ensslin *et al*. (2010) e abordado por Tasca, Ensslin e Ensslin (2012). Esse método foi empregado para auxiliar na seleção das publicações alinhadas ao tema investigado e na constituição do portfólio bibliográfico utilizado nas análises.

O levantamento bibliográfico foi realizado na base de dados Web of Science, em 6 de janeiro de 2025, considerando as publicações do período de 2014 a 2024. A estratégia de busca contemplou os termos "*Azospirillum brasilense*", "*A. brasilense*" e "*brasilense*", combinados por meio do operador booleano OR e pesquisados nos campos de título e resumo, com o objetivo de recuperar publicações relacionadas ao microrganismo estudado. Inicialmente, foram identificados 10.432 registros. Em seguida, foram aplicados filtros referentes ao período de publicação, ao tipo de documento, restringindo-se a artigos científicos, ao idioma, considerando publicações em inglês e português, e à disponibilidade em acesso aberto. Após a aplicação desses filtros, foram obtidos 682 registros.

Os registros recuperados foram exportados para o Microsoft Excel, onde foram organizados para a etapa de seleção bibliográfica. Nessa fase, realizou-se a leitura dos títulos e resumos para verificar a correspondência das publicações com o objetivo da pesquisa, que consiste em analisar a produção científica sobre o uso de *A. brasilense* na agricultura. Após essa avaliação, foram selecionados os artigos considerados alinhados ao tema investigado, seguindo-se os procedimentos de seleção do método ProKnow-C para a composição do portfólio bibliográfico.

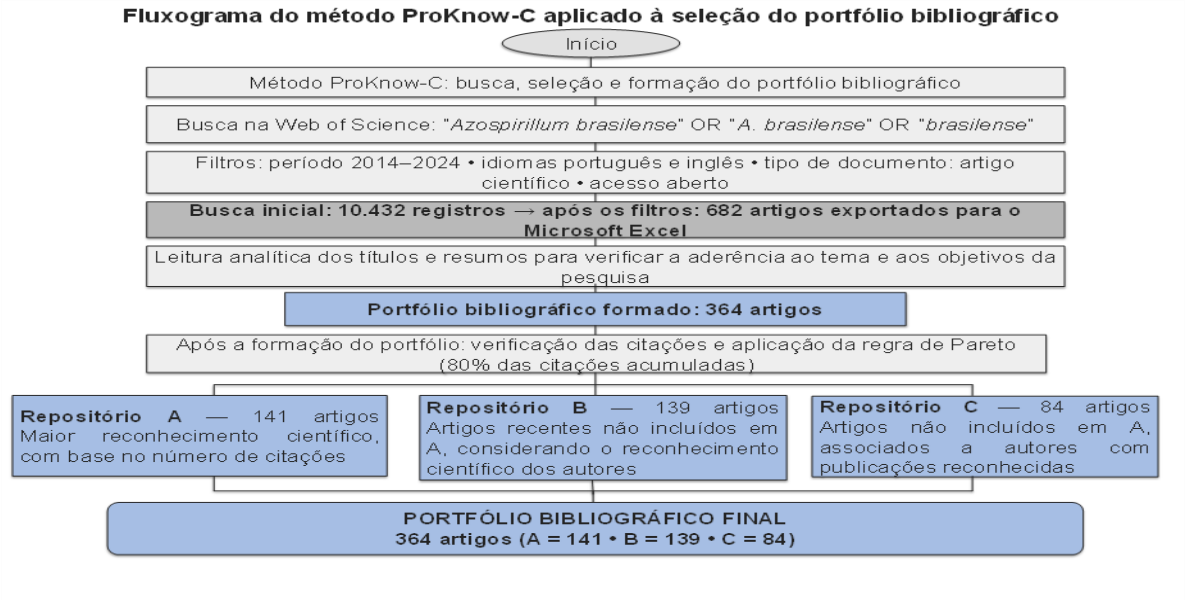
Para a organização do portfólio, os artigos foram distribuídos em três repositórios, denominados A, B e C, conforme os critérios de notoriedade científica, recência das publicações e alinhamento com o tema da pesquisa. O Repositório A reuniu 141 artigos com maior número de citações, considerando o reconhecimento científico das publicações e o critério de Pareto. O

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Repositório B foi composto por 139 artigos recentes, publicados nos dois anos anteriores à busca, que ainda não haviam alcançado um número expressivo de citações. O Repositório C reuniu 84 artigos que não se enquadravam nos critérios de maior número de citações ou de recência, mas apresentavam alinhamento com o contexto temático da pesquisa. Nesse processo, a notoriedade científica foi considerada com base no número de citações recebidas pelos artigos, entendido como indicador de reconhecimento científico, sem representar, isoladamente, uma medida de qualidade dos estudos.

A soma dos artigos dos três repositórios totalizou 364 publicações, que constituíram o portfólio bibliográfico final utilizado nas análises do estudo. A distribuição dos artigos entre os repositórios e as etapas de seleção estão apresentadas na Tabela 1 e na Figura 1, respectivamente.

Figura 1. Fluxograma de etapas do método ProKnow-C. Adaptado de Lacerda, Ensslin e Ensslin (2012) e Carvalho *et al*. (2017) para seleção do portfólio bibliográfico sobre a utilização de *Azospirillum brasilense* na agricultura



Os resultados foram organizados em tabelas e figuras para facilitar a visualização e a interpretação dos indicadores bibliométricos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

O portfólio bibliográfico analisado reuniu 364 artigos científicos sobre o uso de *Azospirillum brasilense* na agricultura. Para a apresentação dos dados, os artigos foram distribuídos em três repositórios: A, com 141 artigos; B, com 139; e C, com 84 artigos, conforme apresentado na Tabela 1. Essa composição permitiu caracterizar a produção científica sobre o tema e serviu de base para a análise da distribuição temporal das publicações, dos autores e países de origem, dos periódicos científicos e dos principais temas investigados.

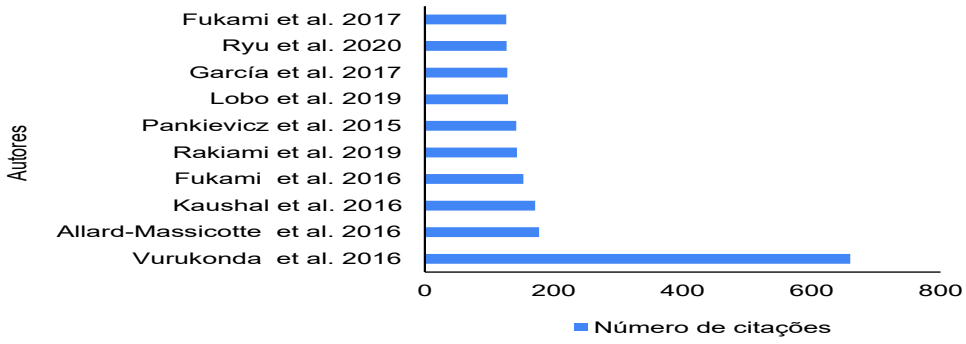
Tabela 1. Apresentação da composição de artigos de cada repositório e o número total de artigos que constituem o portfólio bibliográfico sobre a atuação de *Azospirillum brasilense* na agricultura.

		Reconhecimento autoral		Alinhamento de resumo	
Repositórios	Número de artigos	Autor não reconhecido	Autor reconhecido	Resumo não alinhado	Resumo alinhado
A	141	0	141	0	141
B	139	94	45	0	139
C	84	0	84	0	84
Portfólio bibliográfico					364

3.1. Principais artigos

Em relação à análise das citações dos principais artigos científicos sobre o uso de *A. brasilense* na agricultura, Vurukonda *et al*. (2016) destacam-se com cerca de 660 citações, seguidos por Allard-Massicotte *et al*. (2016), com aproximadamente 177 citações, e Kaushal e Wani (2016), com 171 citações (Figura 2).

Figura 2. Principais artigos científicos em número de citações sobre atuação de *A. brasilense* na agricultura, com base no portfólio bibliográfico desenvolvido pelo método ProKnow-C



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

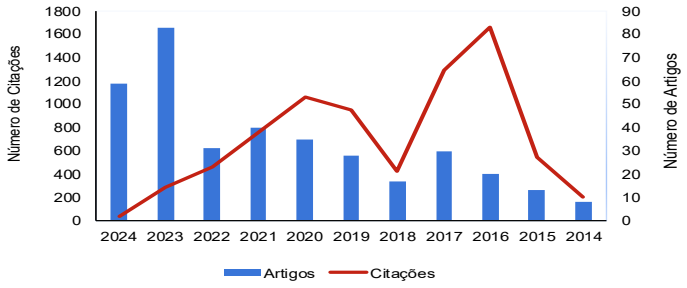
O estudo mais citado, Vurukonda *et al*. (2016), analisou o aumento da tolerância ao estresse hídrico em culturas por meio de rizobactérias promotoras de crescimento. É importante destacar que o número de citações indica a repercussão dos artigos na literatura científica, mas não representa, isoladamente, sua qualidade metodológica ou confiabilidade. Além disso, artigos publicados há mais tempo tiveram um período maior para acumular citações em comparação com publicações recentes. Portanto, esses indicadores devem ser interpretados considerando o ano de publicação e o contexto de cada estudo.

Allard-Massicotte *et al.* (2016) investigaram os mecanismos envolvidos na colonização inicial das raízes de *Arabidopsis thaliana* por *Bacillus subtilis*, destacando a participação de múltiplos receptores de quimiotaxia nesse processo. Por sua vez, Fukami *et al.* (2016) avaliaram diferentes métodos e doses de inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho e trigo. Entre os demais estudos contemplados na análise (Figura 2), Raklami *et al.* (2019) acumularam 143 citações, destacando-se por suas contribuições relacionadas à caracterização genética e aos mecanismos de fixação biológica de nitrogênio. Já Fukami *et al.* (2017), apesar de apresentarem menor número de citações entre os estudos analisados, contribuíram para a compreensão dos efeitos da aplicação de células e metabólitos de *A. brasilense*, por meio da inoculação de sementes e da aplicação foliar, sobre o crescimento do milho.

3.2. Panorama temporal da produção científica

No que diz respeito à análise de períodos temporais em número de publicações, os dados demonstram que 2016, 2017 e 2020 foram os anos em que se concentrou o maior número de citações relacionadas ao uso de *A. brasilense* na agricultura (Figura 3).

Figura 3. Principais artigos científicos em número de citações e número de publicações por ano sobre a atuação de *A. brasilense* na agricultura, com base no portfólio bibliográfico desenvolvido pelo método ProKnow-C



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

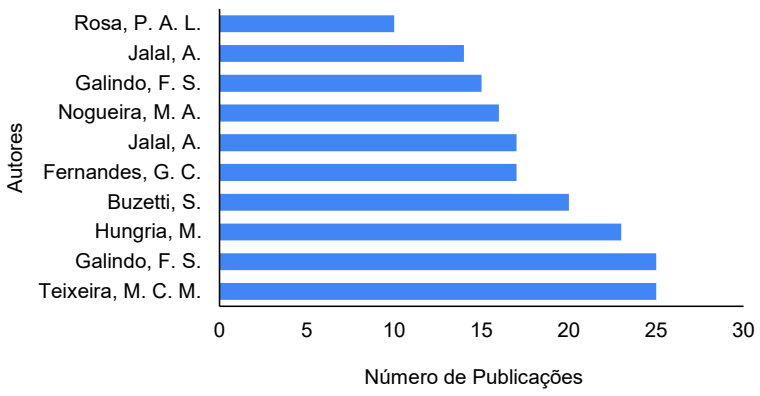
Além disso, o destaque principal foi o ano de 2016, pois acumulou cerca de 1.667 citações, apesar de ter sido um ano com apenas 20 artigos publicados. Tal resultado evidencia que os estudos divulgados nesse período apresentaram alto impacto científico e grande relevância para a comunidade acadêmica. O ano de 2017, por sua vez, registrou o segundo maior número de citações (1.293) com apenas 30 publicações, também indicando uma produção científica amplamente referenciada. A quantidade de citações recebidas por um artigo representa um indicador do impacto ou da relevância que seu conteúdo exerceu na comunidade científica da respectiva área (Silva; Bianchi, 2001).

Já em 2020, 35 artigos resultaram em 1.060 citações, confirmando a tendência de aumento do interesse e do reconhecimento pelas contribuições na área. Entretanto, nota-se que, a partir de 2022, apesar de um volume significativo de artigos, o número de citações não acompanha uma taxa acentuada de crescimento, revelando que os estudos mais recentes ainda não atingiram maturidade suficiente para serem amplamente citados ou reconhecidos. Os artigos publicados em períodos anteriores tiveram mais tempo para acumular citações, o que justifica o número ainda reduzido de citações em publicações mais recentes (Zeng *et al*., 2023).

3.3. Principais autores em produção científica

Em relação aos principais autores em número de publicações sobre o uso de *A. brasilense* na agricultura, observou-se uma concentração significativa de publicações entre um número restrito de autores; os de maior destaque foram Teixeira, M. C. M. e Galindo, F. S. (Figura 4).

Figura 4. Número de publicações dos principais autores sobre a atuação de *A. brasilense* na agricultura, com base no portfólio bibliográfico desenvolvido pelo método ProKnow-C



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

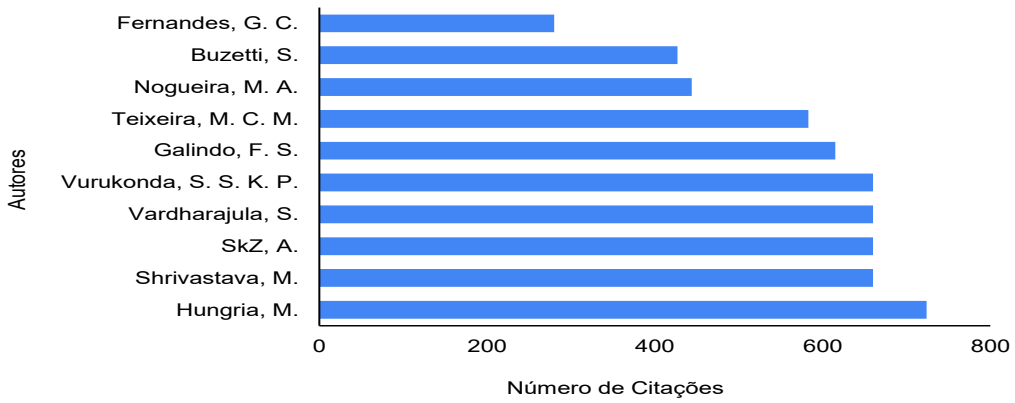
A Figura 4 demonstra que Teixeira, M. C. M. e Galindo, F. S. apresentam cerca de 25 trabalhos publicados, destacando-se pelas contribuições ao uso de bioinsumos como alternativa sustentável à adubação convencional, especialmente em milho, soja e trigo. A utilização de bioinsumos contribui para a agricultura sustentável (Souza *et al*., 2021), enquanto estratégias que reduzem a adubação nitrogenada e aumentam a eficiência ou fixação de nitrogênio são importantes para a agricultura moderna (Alves *et al*., 2015).

Hungria, M. também se destacou, com 23 publicações, tendo papel relevante na difusão dos inoculantes no Brasil. Buzetti, S., Fernandes, G. C., Jalal, A. e Nogueira, M. A. também figuram entre os autores mais produtivos, com estudos sobre nutrição vegetal, fisiologia, estresse abiótico e microbiologia do solo. A recorrência desses autores no ranking evidencia a contribuição desses pesquisadores para a produção científica sobre *A. brasilense* e indica a continuidade do interesse acadêmico pelo tema. Entretanto, o número de publicações, isoladamente, não permite avaliar a qualidade metodológica dos estudos nem comprovar a eficácia da bactéria nas diferentes condições agrícolas (Hungria, 2016).

3.4. Principais autores em citações

No que diz respeito à análise dos dados referentes aos autores com notoriedade em número de citações sobre *A. brasilense*, os autores que mais se sobressaíram no ranking de citações foram Hungria, M., Shrivastava, M. e Skz, A. Esses resultados refletem o reconhecimento e a influência dos trabalhos publicados, indicando quais estudos vêm servindo de base para novos avanços no tema (Figura 5).

Figura 5. Número de citações dos principais autores sobre a atuação de *A. brasilense* na agricultura, com base no portfólio bibliográfico desenvolvido pelo método ProKnow-C.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Hungria, M. foi a autora de maior destaque, com cerca de 724 citações, evidenciando a relevância de sua produção científica sobre o uso de *A. brasilense* na agricultura. Suas pesquisas com milho (Hungria *et al*., 2022), capim Mombaça (Leite *et al*., 2019) e soja (Rondina *et al*., 2020) abordam diferentes aspectos da utilização de microrganismos na agricultura, incluindo a inoculação e seus efeitos sobre o desenvolvimento vegetal. Shrivastava, M., Skz, A. e Vardharajula, S., coautores de Vurukonda *et al*. (2016) também se destacaram, com 660 citações cada, principalmente em estudos sobre microrganismos promotores de crescimento vegetal sob estresses ambientais. Segundo Khan (2022), os microrganismos promotores de crescimento vegetal podem aumentar a tolerância das plantas a esses estresses.

No Brasil, Galindo, F. S. (615 citações) e Teixeira, M. C. M. (583 citações) destacam-se por pesquisas sobre nutrição vegetal, fertilizantes e inoculantes microbianos, enquanto Nogueira, M. A. (444 citações) e Buzetti, S. (427 citações) apresentam estudos relacionados à biologia do solo, interações microbianas e manejo agrícola. A utilização de microrganismos como rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR) e fungos micorrízicos contribui para a agricultura sustentável e a estabilidade ambiental (Kumar; Verma, 2018). Compreender os benefícios de microrganismos como *Azospirillum* é fundamental para práticas agrícolas mais eficientes, com menor uso de insumos químicos e impacto ambiental (Sousa *et al*., 2025).

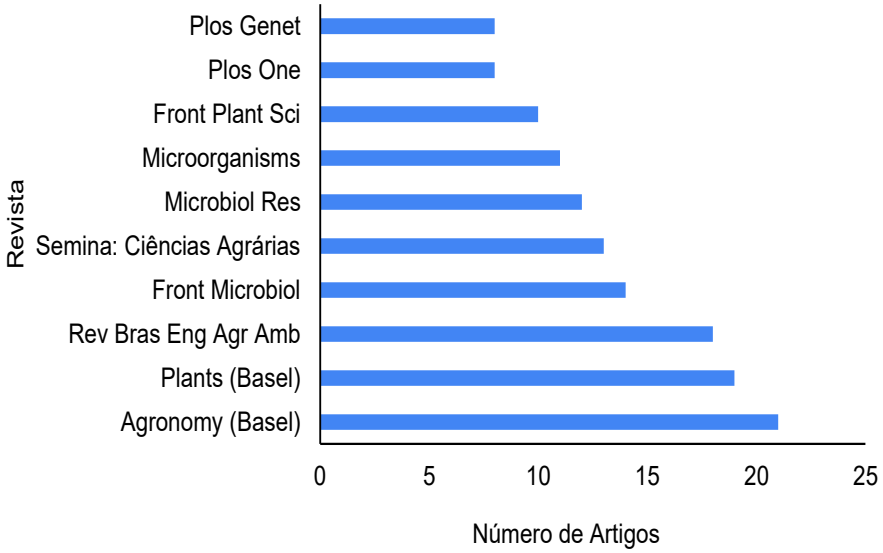
De modo geral, os dados demonstram uma base científica consolidada sobre *A. brasilense* e sua aplicação na agricultura. A presença de pesquisadores brasileiros entre os mais citados reforça a importância da ciência nacional, sendo o Brasil um dos países pioneiros nas pesquisas com *Azospirillum*, gênero amplamente estudado entre as bactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPB) (Santos; Nogueira; Hungria, 2021).

3.5. Principais periódicos científicos

Em relação aos principais periódicos em nível de produção científica sobre uso de *A. brasilense* na agricultura, os resultados evidenciaram que Agronomy (Basel) (21 artigos) e Plants (Basel) (19 artigos) concentram a maior parte das publicações, refletindo o destaque das pesquisas voltadas à produção sustentável com o uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal, seguidas pela Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, com 18 artigos (Figura 6).

Figura 6. Número de publicações das principais revistas sobre a atuação de *A. brasilense* na agricultura, com base no portfólio bibliográfico desenvolvido pelo método ProKnow-C.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.



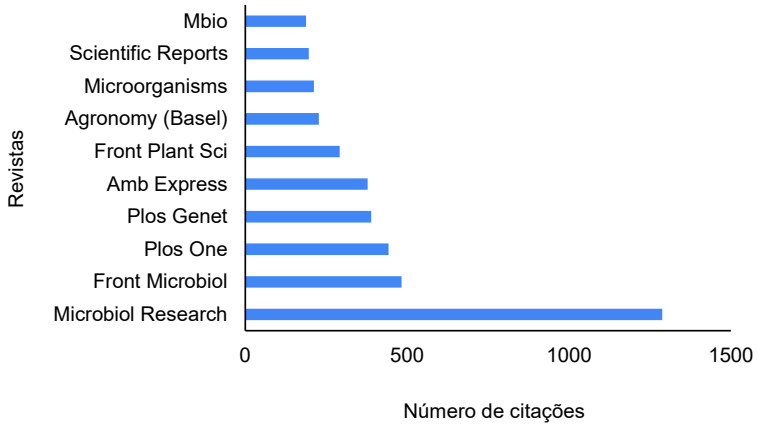
Publicada mensalmente pela MDPI, a Agronomy (Basel) é uma revista científica internacional, de acesso aberto e revisada por pares, com ampla abordagem de temas relacionados à agronomia e agroecologia, incluindo fisiologia, melhoramento e genética de culturas, biotecnologia, proteção de plantas e sistemas agrícolas. A Plants (Basel) também é uma revista internacional, multidisciplinar e de acesso aberto, dedicada às ciências das plantas, abrangendo áreas como anatomia, morfologia, fisiologia, ecofisiologia, genética, biologia molecular e bioquímica.

A Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Agriambi) publica artigos científicos originais e inéditos, em inglês, relacionados ao manejo de solo, água e planta, irrigação e drenagem, meteorologia e climatologia agrícola, armazenamento e processamento de produtos agrícolas e gestão ambiental, contribuindo para o desenvolvimento científico e tecnológico aplicado à agricultura e ao meio ambiente.

A Frontiers in Microbiology também apresentou expressividade, com 14 artigos, destacando estudos sobre microrganismos do solo e suas aplicações na agricultura. Nesse contexto, o uso de PGPB na agricultura sustentável tem ganhado destaque pelos benefícios proporcionados ao solo e à produtividade das culturas (Ramakrishna; Yadav; Li, 2019). Quanto aos periódicos com maior número de citações, a Microbiological Research destacou-se como o periódico com maior número de citações (1.288) (Figura 7).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 7. Número de citações das principais revistas sobre a atuação de *A. brasilense* na agricultura, com base no portfólio bibliográfico desenvolvido pelo método ProKnow-C



As revistas Frontiers in Microbiology (483 citações) e PLOS ONE (443 citações) apresentam elevado número de citações, indicando ampla visibilidade e relevância científica dos artigos analisados no portfólio bibliográfico.

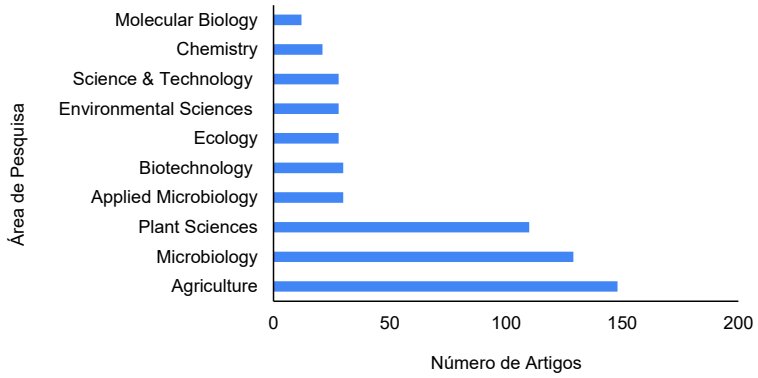
Revistas como AMB Express, Frontiers in Plant Science e PLOS Genetics mantêm desempenho intermediário, enquanto mBio e Scientific Reports apresentam os menores totais de citações, com 188 e 196, respectivamente. É válido considerar que a presença de revistas com menor número de citações não desqualifica sua importância, mas pode ser reflexo de um menor tempo de indexação para reconhecimento científico.

3.6. Principais temáticas

A área de Agriculture se destaca com 148 artigos, representando o principal foco das pesquisas, seguida por Microbiology (129) e Plant Sciences (110). Esse panorama sugere forte direcionamento das investigações para temas ligados à produção agrícola, biologia do solo e fisiologia vegetal, o que está em consonância com as demandas por sustentabilidade e eficiência produtiva no campo (Figura 8).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 8. Principais áreas de pesquisas estudadas sobre a atuação de *A. brasilense* na agricultura, com base no portfólio bibliográfico desenvolvido pelo método ProKnow-C



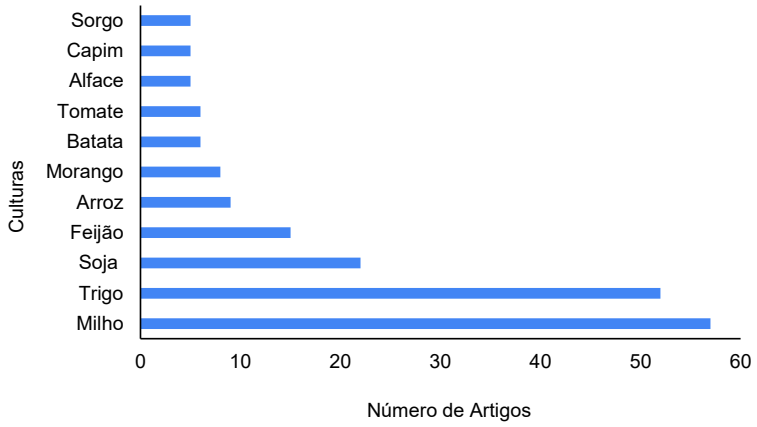
Áreas como Applied Microbiology, Biotechnology, Ecology e Environmental Sciences, com 28 a 30 artigos cada, também apresentam relevância, indicando abordagens integradas entre biotecnologia, ecologia e ciências ambientais no enfrentamento de desafios agroecológicos. Isso possibilita atender à demanda por maior produtividade, ao mesmo tempo em que se reduz o uso de produtos químicos e se minimiza o impacto ambiental (Sousa *et al*., 2025). Por outro lado, áreas como Chemistry e Molecular Biology possuem menor número de publicações, o que pode estar relacionado ao perfil mais específico ou de apoio metodológico dessas áreas.

3.7. Principais culturas investigadas

As culturas de milho e trigo apresentaram as maiores frequências de publicações no portfólio bibliográfico, com 57 e 52 artigos, respectivamente. Esse resultado indica maior concentração da produção científica analisada nessas culturas, mas não permite concluir, isoladamente, que elas apresentam maior eficácia ou melhores respostas agronômicas à inoculação com *A. brasilense*. Essa avaliação exigiria a comparação dos resultados experimentais, considerando as condições de cultivo, as estirpes utilizadas e os métodos de aplicação (Figura 9).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 9. Principais culturas que foram estudadas sobre a atuação de *A. brasilense* na agricultura, com base no portfólio bibliográfico desenvolvido pelo método ProKnow-C



Milho e trigo foram as culturas mais frequentes no portfólio, com 57 e 52 artigos, respectivamente. A relevância dessas culturas está relacionada, entre outros fatores, à demanda por nitrogênio e ao interesse em estratégias que favoreçam a nutrição e o crescimento vegetal. Nesse contexto, *A. brasilense* é investigada como alternativa complementar nos sistemas de produção (Souza *et al*., 2021). As bactérias promotoras do crescimento vegetal também são estudadas por sua possível contribuição diante de estresses bióticos e abióticos (Ramakrishna; Yadav; Li, 2019).

Soja e feijão apresentaram 22 e 15 artigos, respectivamente, com pesquisas sobre a interação de *A. brasilense* com outros microrganismos, incluindo bactérias fixadoras de nitrogênio. No feijoeiro, essas interações são investigadas como estratégia para favorecer a nutrição e o desenvolvimento da cultura (Amorim *et al*., 2024). Arroz (9 artigos), morango (8), batata (6) e tomate (6) também foram estudados, enquanto alface, capim e sorgo registraram cinco artigos cada. A atuação dos microrganismos na ciclagem de nutrientes constitui outro aspecto abordado na literatura (Egamberdiyeva, 2007). Essas frequências representam o volume de pesquisas, não uma comparação direta da eficácia do microrganismo entre culturas.

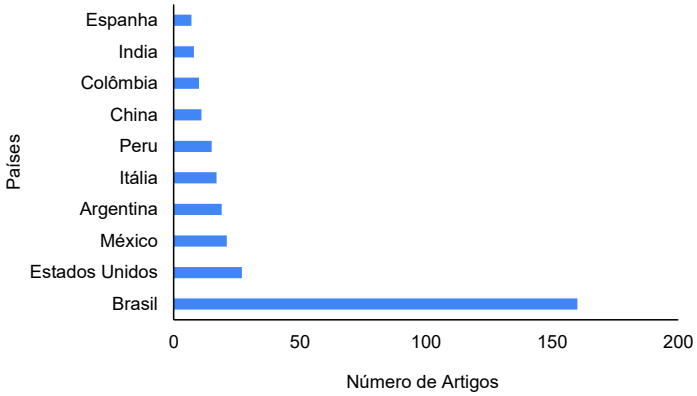
3.8. Países em nível de produção científica

Os dados fornecidos pela Figura 10 demonstram o Brasil como o principal país em número de publicações relacionadas ao uso de *A. brasilense* na agricultura, com um total de 160

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

artigos, o que evidencia o papel estratégico do microrganismo no contexto agrícola brasileiro, onde é amplamente empregado como bioinoculante em culturas como soja, milho e trigo.

Figura 10. Países com maior número de publicações sobre a atuação de *A. brasilense* na agricultura, com base no portfólio bibliográfico desenvolvido pelo método ProKnow-C



Ademais, a presença expressiva do Brasil nos resultados (Figura 10) também evidencia que a adoção do uso de *A. brasilense* na agricultura reflete um interesse nacional por práticas sustentáveis, principalmente na redução do uso de fertilizantes químicos, no intuito de promover maior eficiência no uso de nutrientes.

De acordo com os dados da Figura 10, outros países também se destacaram, como Estados Unidos (27 artigos), México (21) e Argentina (19), embora com número de publicações significativamente menor. Essa diferença pode refletir prioridades distintas em pesquisa agrícola e diferenças no grau de adoção de tecnologias biológicas. No México, a criação ou atualização de regulamentações para tecnologias baseadas em microrganismos ainda é limitada, com foco predominante na nutrição química e proteção inadequada da propriedade intelectual dessas tecnologias (Cruz-Cárdenas *et al.*, 2021).

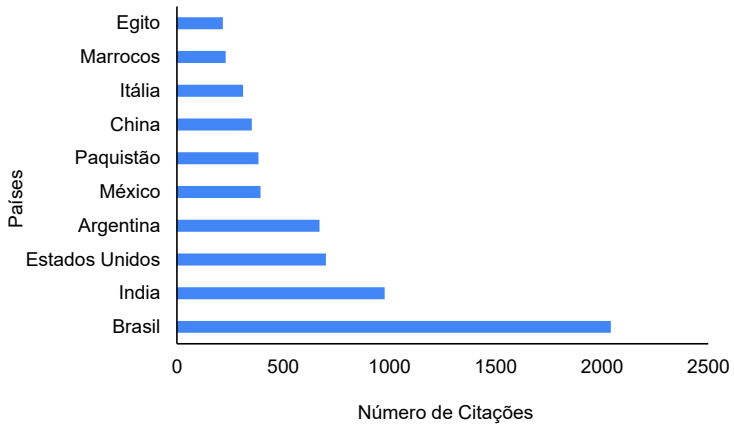
3.9. Principais países em taxa de citações

O Brasil também se destaca de forma expressiva nas pesquisas sobre o uso de *A. brasilense* na agricultura, liderando tanto em número de publicações (160) quanto em citações (2.041). Esse destaque evidencia a expressiva participação brasileira na produção científica sobre *A. brasilense*, possivelmente relacionada à tradição de pesquisa nacional com esse microrganismo e aos investimentos em pesquisa agrobiológica. Entretanto, os dados

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

bibliométricos analisados não permitem determinar diretamente o nível de adoção da tecnologia pelos agricultores (Figura 11).

Figura 11. Países com maior número de citações sobre a atuação de *A. brasilense* na agricultura, com base no portfólio bibliográfico desenvolvido pelo método ProKnow-C



A predominância do Brasil em número de citações, perante os demais países, deve-se ao fato de o *Azospirillum* ser um dos gêneros de PGPB mais conhecidos e amplamente estudados, sendo o Brasil um dos países pioneiros nas pesquisas com esse microrganismo (Santos; Nogueira; Hungria, 2021). A Índia aparece em segundo lugar em citações (977), embora tenha menos publicações (8), o que indica alta relevância e impacto de seus estudos. Estados Unidos e Argentina seguem com números consistentes em ambos os aspectos, mostrando envolvimento sólido no campo de estudo. Já países como México, China, Itália e Paquistão contribuem com uma produção mais moderada, mas ainda relevante, enquanto Marrocos e Egito apresentam menor visibilidade científica.

Os resultados evidenciaram a predominância do Brasil no número de publicações e citações no portfólio bibliográfico analisado.

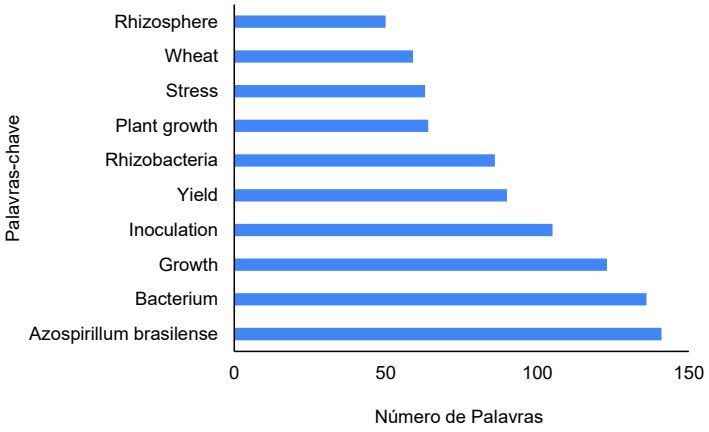
3.10. Principais palavras-chave

Entre as palavras-chave mais frequentes, destaca-se *Azospirillum brasilense*, com 141 ocorrências. O termo “bacterium” apresentou 136 ocorrências, seguido por “growth”, com 123, e “inoculation”, com 105 ocorrências (Figura 12). Essas frequências evidenciam os principais

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

temas abordados nas publicações analisadas, especialmente o interesse científico na relação entre o microrganismo, a inoculação e o crescimento vegetal. Entretanto, a frequência das palavras-chave indica a recorrência desses temas na literatura científica, não comprovando, isoladamente, a eficácia de *A. brasilense*, que depende dos resultados experimentais e das condições avaliadas em cada estudo.

Figura 12. Palavras-chave mais frequentes no portfólio bibliográfico sobre a atuação de *Azospirillum brasilense* na agricultura



Além disso, os termos *yield* (90 ocorrências), *plant-growth* (64) e *stress* (63) evidenciam a presença recorrente de temas relacionados à produtividade agrícola, ao crescimento vegetal e aos estresses abióticos nas publicações analisadas. Esses resultados indicam que tais aspectos recebem atenção na literatura sobre *Azospirillum brasilense*, mas não comprovam, isoladamente, efeitos positivos do microrganismo sobre a produtividade ou a mitigação de estresses. Já os termos *wheat* (59) e *rhizosphere* (50) apontam para a presença de estudos relacionados ao trigo e à rizosfera, ambiente importante para as interações entre microrganismos e plantas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise bibliométrica revelou que a produção científica sobre *Azospirillum brasilense* na agricultura apresenta forte participação brasileira, com 160 publicações e 2.041 citações.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Hungria, M. destacou-se entre os autores mais citados, enquanto as revistas *Agronomy* e *Plants* concentraram o maior número de artigos. As áreas de Agriculture e Microbiology tiveram destaque, e milho e trigo foram as culturas mais investigadas, com 57 e 52 publicações, respectivamente. As palavras-chave mais frequentes evidenciaram o interesse científico no microrganismo, na inoculação e no crescimento vegetal. Portanto, o estudo identificou os principais focos e tendências da literatura, embora esses indicadores não permitam comprovar, isoladamente, a eficácia agronômica da bactéria.

REFERÊNCIAS

ALLARD-MASSICOTTE, R.; TESSIER, L.; LÉCUYER, F.; LAKSHMANAN, V.; LUCIER, J. F.; GARNEAU, D.; CAUDWELL, L.; VLAMAKIS, H.; BAIS, H. P.; BEAUREGARD, P. B. *Bacillus subtilis* Early Colonization of Arabidopsis thaliana Roots Involves Multiple Chemotaxis Receptors. **MBio,** v. 7, n. 6, e01664-16, 2016. DOI: https://doi.org/10.1128/mBio.01664-16.

ALVES, G. C.; VIDEIRA, S. S.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M. Differential plant growth promotion and nitrogen fixation in two genotypes of maize by several *Herbaspirillum* inoculants. **Plant and Soil**, v. 387, n. 1–2, p. 307–321, 1 fev. 2015.

AMORIM, B. G. B.; PASSOS, P. P.; BARBOSA, P. R. J. J.; RODRIGUES, A. T. F.; SANTOS, A. D. O.; SOUZA, N. D. C.; VIEIRA, L. M. M. A co-inoculação de (*Azospirillum brasilense*) e (*Bradyrhizobium spp*.) promove crescimento em feijão caupí no semiárido baiano. **Scientific Electronic Archives**, v. 17, n. 5, 28 ago. 2024.

AVIS, T. J.; GRAVEL, V.; ANTOUN, H.; TWEDDELL, R. J. Multifaceted beneficial effects of rhizosphere microorganisms on plant health and productivity. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 40, n. 7, p. 1733–1740, 1 jul. 2008.

BACKER, R.; ROKEM, J. S.; ILANGUMARAN, G.; LAMONT, J.; PRASLICKOVA, D.; RICCI, E.; SUBRAMANIAN, S.; SMITH, D. L. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1473, 2018. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473

CARVALHO, G. D. G.; CRUZ, J. A. W.; CARVALHO, H. G.; DUCLÓS, L. C.; STANKOWITZ, R. F. Innovativeness measures: a bibliometric review and a classification proposal. **International Journal of Innovation Science**, v. 9, n. 1, p. 81–101, 2017. DOI: https://doi.org/10.1108/IJIS-10-2016-0038.

CASTRO, C. N. **A agricultura no Nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento**. Brasília: Ipea, 2012. (Texto para Discussão, n. 1786).

CRUZ-CÁRDENAS, C. I.; ZELAYA, L. X. M.; SANDOVAL, G. C.; SANTOS, S. D. L. V.; ROJAS, E. A.; CHÁVEZ, I. F. D.; RUÍZ, S. R. Using microorganisms for a sustainable agriculture in Mexico: considerations and challenges. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 12, n. 5, p. 899–913, 10 ago. 2021.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

EGAMBERDIYEVA, D. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. **Applied Soil Ecology**, v. 36, n. 2–3, p. 184–189, 1 jun. 2007.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; LACERDA, R. T. O.; TASCA, J. E. **ProKnow-C, Knowledge Development Process–Constructivist**: processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasil, 2010.

FIBACH-PALDI, S.; BURDMAN, S.; OKON, Y. Key physiological properties contributing to rhizosphere adaptation and plant growth promotion abilities of *Azospirillum brasilense*. **FEMS Microbiology Letters**, v. 326, n. 2, p. 99–108, 2012. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2011.02407.x

FUKAMI, J.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. **AMB Express**, v. 6, n. 1, p. 3, 2016. DOI: https://doi.org/10.1186/s13568-015-0171-y

FUKAMI, J.; OLLERO, F. J.; MEGÍAS, M.; HUNGRIA, M. Phytohormones and induction of plant-stress tolerance and defense genes by seed and foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* cells and metabolites promote maize growth. **AMB Express**, v. 7, n. 1, p. 153, 2017. DOI: https://doi.org/10.1186/s13568-017-0453-7

HUNGRIA, M. *Azospirillum*: um velho novo aliado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO. Rumo aos novos desafios. Goiânia: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2016. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1057259. Acesso em: 12 out. 2026.

HUNGRIA, M.; BARBOSA, J. Z.; RONDINA, A. B. L.; NOGUEIRA, M. A. Improving maize sustainability with partial replacement of N fertilizers by inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Agronomy Journal**, v. 114, n. 5, p. 2969–2980, 2022. DOI: https://doi.org/10.1002/agj2.21150

KAUSHAL, M.; WANI, S. P. Rhizobacterial-plant interactions: strategies ensuring plant growth promotion under drought and salinity stress. Agriculture, **Ecosystems & Environment**, v. 231, p. 68–78, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.031

KHAN, N. Molecular Communication between Plants and Plant-Growth-Promoting Microorganisms for Stress Tolerance**. Microorganisms**, v. 10, n. 6, p. 1088, 25 maio 2022.

KUMAR, A.; VERMA, J. P. Does plant—microbe interaction confer stress tolerance in plants: a review? **Microbiological Research**, v. 207, p. 41–52, 1 mar. 2018.

LACERDA, R. T. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 1, p. 59–78, 2012.

LEITE, R. C.; SANTOS, A. C.; SANTOS, J. G. D.; OLIVEIRA, L. B. T.; HUNGRIA, M. Mitigation of Mombasa Grass (*Megathyrsus maximus*) dependence on nitrogen fertilization as a function

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

of inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, e0180234, 2019. DOI: https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20180234.

PERRIG, D.; BOIERO, M. L.; MASCIARELLI, O. A.; PENNA, C.; RUIZ, O. A.; CASSÁN, F. D.; LUNA, M. V. Plant-growth-promoting compounds produced by two agronomically important strains of *Azospirillum brasilense*, and implications for inoculant formulation. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 75, n. 5, p. 1143–1150, 2007. DOI: https://doi.org/10.1007/s00253-007-0909-9

POLLI, A.; NEVES, A. F. D.; GALLO, F.; GAZARINI, J.; RHODEN, S. A.; PAMPHILE, J. A. Aspectos da interação dos microrganismos endofíticos com plantas hospedeiras e sua aplicação no controle biológico de pragas na agricultura. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 7, n. 2, p. 82–89, 10 set. 2012.

QUINTAM, C. P. R.; ASSUNÇÃO, G. M. Perspectivas e desafios do agronegócio brasileiro frente ao mercado internacional. **RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 7, e473641, 18 jul. 2023.

RAKLAMI, A.; BECHTAOUI, N.; TAHIRI, A. I.; ANLI, M.; MEDDICH, A.; OUFDOU, K. Use of Rhizobacteria and Mycorrhizae Consortium in the Open Field as a Strategy for Improving Crop Nutrition, Productivity and Soil Fertility. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, p. 1106, 2019. DOI: https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01106.

RAMAKRISHNA, W.; YADAV, R.; LI, K. Plant growth promoting bacteria in agriculture: Two sides of a coin. **Applied Soil Ecology**, v. 138, p. 10–18, 1 jun. 2019.

RONDINA, A. B. L.; SANZOVO, A. W. S.; GUIMARÃES, G. S.; WENDLING, J. R.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Changes in root morphological traits in soybean co-inoculated with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* or treated with *A. brasilense* exudates. **Biology and Fertility of Soils**, v. 56, n. 4, p. 537–549, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s00374-020-01453-0.

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**, v. 45, p. e0200128, 2021.

SANTOS-VILLALOBOS, S. L.; PARRA-COTA, F. I. Current trends in plant growth promoting microorganisms research for sustainable food security. **Current Research in Microbial Sciences**, v. 2, 1 dez. 2021.

SILVA, J. A. D.; BIANCHI, M. D. L. P. **Cientometria: a métrica da ciência**. Paidéia, Ribeirão Preto, v. 11, n. 21, p. 5–10, 2001.

SOUSA, V. A.; PEREIRA, G. L.; RODRIGUES, N. M. L.; OLIVEIRA, R. L. L.; SOUSA, A. L. D. C.; SANTOS, J. H. N.; OLIVEIRA, C. F. N. Crescimento e produção de milho híbrido Feroz VIP 3 submetidos a *Bacillus subtilis*. **Revista Sociedade Científica**, v. 8, n. 1, 6 maio 2025.

SOUZA, E. P.; SILVA, J. E. V. C.; MALAQUIAS, M. F.; FERREIRA, L. E. Bioinsumos no crescimento e produção de plantas de milho. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 9, p. 82-92, 2021.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

TASCA, J. E.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. A avaliação de programas de capacitação: um estudo de caso na administração pública. **Revista de Administração Pública**, v. 46, n. 3, p. 647–675, maio 2012.

VURUKONDA, S. S. K. P.; VARDHARAJULA, S.; SHRIVASTAVA, M.; SKZ, A. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. **Microbiological Research**, v. 184, p. 13-24, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.12.003.

ZENG, A.; FAN, Y.; DI, Z.; WANG, Y.; HAVLIN, S. **Disruptive papers in science are losing impact**. *arXiv*, 2023. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.03589.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.