

USO DE *BACILLUS SUBTILIS* (EHRENBERG) COHN NA AGRICULTURA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Data de submissão: 26/03/2024

Data de aceite: 01/04/2024

Janaiane Ferreira dos Santos

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha, Chapadinha-MA
<http://lattes.cnpq.br/9678500549107690>

Luiz Alberto Melo de Sousa

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha, Chapadinha-MA
<http://lattes.cnpq.br/4039999947043150>

Fernando Freitas Pinto Júnior

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha, Chapadinha-MA
<http://lattes.cnpq.br/2110652316121025>

Janine Quadros Castro

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha, Chapadinha-MA
<http://lattes.cnpq.br/6973661280730132>

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha, Chapadinha-MA
<http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>

RESUMO: A agricultura é um dos setores da economia que mais cresce ao longo dos anos, isso pode ser atribuído ao aumento da produtividade. Diversos fatores afetam essa produção, como o surgimento de pragas e doenças, propiciando o uso excessivo de agroquímicos. Uma alternativa sustentável e econômica é o uso de bioinsumos. A rizobactéria *Bacillus subtilis* pode ser utilizada como promotora de crescimento e no controle biológico de doenças de plantas. Por desempenhar essas funções, sua aplicação na agricultura tem se tornado de grande importância. Neste contexto, buscou-se realizar uma revisão integrativa, sobre o uso de *Bacillus subtilis* na agricultura. Para o estudo foi utilizado o método de seleção de artigos científicos, denominado ProKnow-c. Esse método trata-se da sistematização do processo de busca e seleção de artigos, fazendo uso de técnicas de análise bibliométrica. Após seleção e análise dos artigos obteve-se um portfólio de 78 trabalhos relevantes, de reconhecimento científico e alinhados com o tema da pesquisa. Observou-se que a China é o país que apresenta o maior número de publicações, o Brasil ocupa a terceira posição. Os anos de 2019 e 2021 foram os períodos com maior número

de publicações e 2022 com maior número de citações. A maioria dos autores obtiveram quantidades semelhantes de publicações e o maior número de citações (77) foram observadas na publicação de Wang et al. (2018). Assim, pode-se concluir que o *Bacillus subtilis* é uma bactéria de suma importância na agricultura e que vem sendo bastante utilizada e estudada ao longo dos anos.

PALAVRAS-CHAVE: Bioinsumos; ProKnow-C; Análise bibliométrica; Agronegócio; Rizobactéria.

USE OF *BACILLUS SUBTILIS* (EHRENBERG) COHN IN AGRICULTURE: BIBLIOGRAPHIC REVIEW

ABSTRACT: Agriculture is one of the fastest growing sectors of the economy over the years, this can be attributed to increased productivity. Several factors affect this production, such as the emergence of pests and diseases, leading to the excessive use of agrochemicals. A sustainable and economical alternative is the use of bioinputs. The rhizobacterium *Bacillus subtilis* can be used as a growth promoter and in the biological control of plant diseases. By performing these functions, its application in agriculture has become of great importance. In this context, we sought to carry out an integrative review on the use of *Bacillus subtilis* in agriculture. For the study, the method of selection of scientific articles, called ProKnow-c, was used. This method deals with the systematization of the process of searching and selecting articles, making use of bibliometric analysis techniques. After selection and analysis of the articles, a portfolio of 78 relevant works of scientific recognition and aligned with the research theme was obtained. It was observed that China is the country with the highest number of publications, Brazil occupies the third position. The years 2019 and 2021 were the periods with the highest number of publications and 2022 with the highest number of citations. Most authors obtained similar amounts of publications and Wang et al. (2018) observed the highest number of citations (77) in the publication. Thus, it can be concluded that *Bacillus subtilis* is a bacterium of paramount importance in agriculture and that it has been widely used and studied over the years.

KEYWORDS: Bioinputs; ProKnow-C; Bibliometric analysis; Agribusiness; Rizobacteria.

INTRODUÇÃO

A agricultura é um dos setores da economia que mais contribui para o crescimento do PIB (Produto Interno Bruto) do Brasil, sendo responsável por 24,8% de todas as riquezas produzidas (CEPEA/ESALQ, 2023). Este setor torna o país uma referência mundial na produção agrícola e um dos maiores exportadores de cereais, grãos e frutas (RONCON, 2011). Entretanto, um complexo de fatores bióticos afeta de forma negativa o potencial produtivo das diferentes culturas. Dentre estes fatores, destacam-se as pragas e doenças, que acarretam na perda de produtividade, tornando-se um dos maiores entraves da produção agrícola por propiciar o uso intensivo de agroquímicos (SANTANA et al., 2018).

Assim, o uso de produtos biológicos tem ganhado espaço ao longo dos anos, impulsionado, principalmente, pela demanda por produtos menos agressivos aos

organismos não-alvos e ao ambiente (MEYER et al., 2022). Como alternativa a esses problemas, surgiram na indústria os bioinsumos, que são produtos de origem biológica e apresentam componentes promotores de crescimento de plantas e de biocontrole, sem causar danos ambientais (PATHMA et al., 2021).

Uma opção sustentável para o mercado agrícola, visando à redução do uso de agroquímicos e, conseqüentemente, o custo de produção, é o uso de rizobactérias do gênero *Bacillus*. Estas são as mais utilizadas no controle biológico em várias partes do mundo. São bactérias Gram-positivas e aeróbicas, podendo facultativamente crescer em anaerobiose (SANTOS et al., 2019; MONNERAT et al., 2020).

As bactérias do gênero *Bacillus*, em especial *Bacillus subtilis*, estão entre as mais abundantes na rizosfera. Estas atuam indiretamente na supressão de doenças e diretamente na produção ou alteração da concentração de fitormônios, fixação de nitrogênio, solubilização de fosfatos minerais ou outros nutrientes do solo, oxidação do enxofre, aumento de permeabilidade das raízes e produção de sideróforos (MARIANO; KLOPPER, 2000).

Em suma, os inoculantes à base de *Bacillus subtilis* utilizados como agentes de biocontrole e promotores de crescimento no meio agrícola, representam uma alternativa mais sustentável nos âmbitos econômico e ambiental, tornando-se um método atrativo, eficiente e ambientalmente menos agressivo que defensivos e fertilizantes químicos (SHAFI et al., 2017).

Neste contexto, o presente trabalho tem o objetivo de realizar uma revisão integrativa sobre o uso de *Bacillus subtilis* na agricultura mundial, no intuito de obter informações relevantes que possibilitem incentivar o uso de bioinsumos no Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na plataforma Web of Science (WOS) com objetivo de gerar um banco de dados para elaboração deste estudo. Os dados bibliométricos obtidos foram exportados e analisados no Excel versão 2013. A técnica bibliométrica permite sistematizar a contribuição de determinado tema para a literatura, focando nos aspectos quantitativos do conteúdo, possibilitando maior transparência e organização, além de contribuir para melhores resultados e tomada de decisões por aqueles que estudam o assunto (DUTRA, et al., 2017). Assim, as análises foram então conduzidas focando nos seguintes tópicos: quantidade de publicações por ano, regionalização de publicação, reconhecimento científico e notoriedade de autores.

Critérios e filtros utilizados para formação do portfólio

Inicialmente, definiu-se as palavras-chave, que constituíram o primeiro filtro para a seleção de artigos. Em seguida foi definido a formação do comando de busca a ser utilizado no processo de pesquisa na WOS, que assim ficou estabelecido: “*Bacillus*” OR “*Bacillus subtilis*” OR “*B. subtilis*”, que associa as palavras-chaves e assim pode realizar uma única pesquisa com todos os filtros necessários; idioma “inglês” e “português”; todos os trabalhos de “acesso aberto”; ano de publicação entre 2018 e 2022; país/região “todos”; todos os tipos de documentos; e todos os campos de pesquisa.

Para a seleção do referencial bibliográfico foi utilizada a metodologia conhecida como ProKnow-C (Knowledge Development Process - Constructivist) (ENSSLIN et al., 2010; TASCA et al., 2012). Essa metodologia tem sido amplamente usada para apoiar revisões sistemáticas (CARVALHO et al., 2020). É uma ferramenta na qual são selecionados e analisados artigos, que auxiliam o entendimento do tema em cima de uma série de artigos encontrados, além de proporcionar a identificação do que está sendo publicado sobre o tema. O método organiza as etapas em um fluxograma (Figura 1).

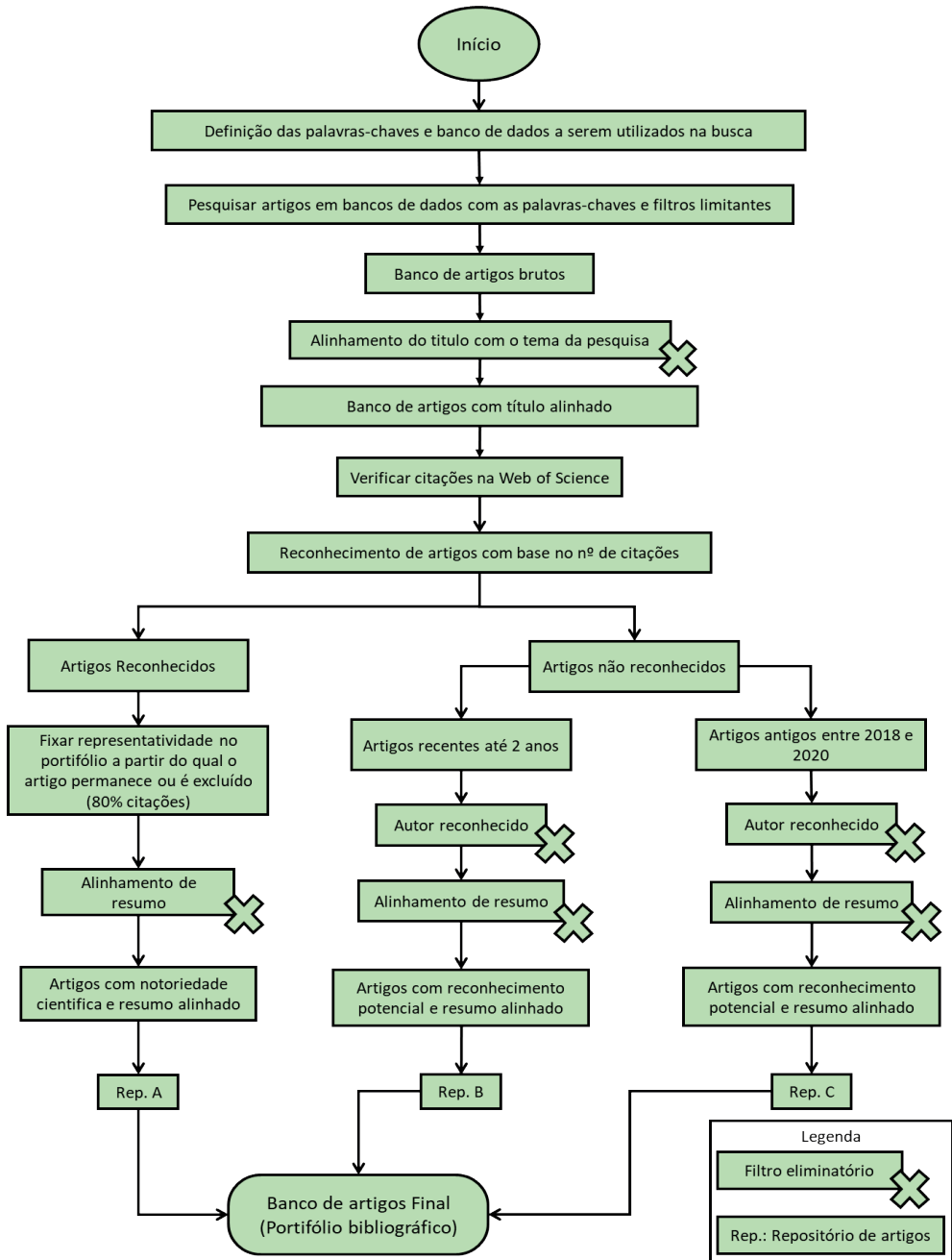


Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção do portfólio bibliográfico da metodologia ProKnow-C, sobre o uso de *Bacillus subtilis* na agricultura.

Fonte: Adaptado de Lacerda et al. (2012) e Carvalho et al. (2017).

Para verificar se os termos de buscas e os critérios estabelecidos estavam em concordância com a pesquisa proposta, foram selecionados 3 (três) artigos de forma aleatória.

Na filtragem por alinhamento do título, são filtrados apenas artigos que contenham uma das palavras-chave em seu título, assim, sendo eliminado os artigos com títulos não alinhados com o assunto da pesquisa.

O primeiro repositório foi formado pelos artigos com maior reconhecimento científico determinado pela quantidade de citações, selecionando uma representatividade de 80% (oitenta por cento) das citações nas pesquisas mais citadas, conforme Lacerda et al. (2012), Juran (1997) e Pareto (1896).

No segundo repositório foram apresentados os artigos recentes publicados em 2021 e 2022, estes não fazem parte dos artigos com maior representatividade, porém apresentam autores reconhecidos.

O terceiro repositório foi composto pelos artigos antigos publicados entre 2018 e 2020 e com autores reconhecidos.

No filtro por alinhamento de resumo, foram lidos o resumo dos artigos de cada repositório, e em seguida foram excluídos os que não estavam alinhados com o tema da pesquisa.

RESULTADO E DISCUSSÃO

O número de artigos obtidos na busca inicial no site da Web of Science foi de 1511, publicados em várias áreas de pesquisa. Com o alinhamento do título o número foi reduzido para 467, formando o banco de artigos brutos. Após a aplicação de todos os filtros foram selecionados 78 artigos (Tabela 1), constituindo o portfólio final deste estudo.

Repositórios	Número de artigos	Autor reconhecido	
		Resumo não alinhado	Resumo alinhado
A	137	109	28
B	228	196	32
C	102	84	18
Total de artigos	467	389	78

A - Artigos com notoriedade com base no número de citações; B - Artigos recentes publicados entre 2021 e 2022; C - Artigos antigos publicados entre 2018 e 2020.

Tabela 1- Número total de artigos que compõem o portfólio final sobre o uso de *Bacillus subtilis* na agricultura.

Observa-se que o repositório A possui 28 artigos, publicados entre 2018 e 2022. Estes apresentam o resumo alinhado a pesquisa e com maior representatividade, ou seja, com maior número de citações. O repositório B é formado por 32 artigos e são classificados como recentes, publicados entre 2021 e 2022, apresentam autores reconhecidos e o resumo alinhado ao tema da pesquisa, entretanto, ao contrário do repositório A, não são altamente citados. O repositório C, constitui os artigos antigos, publicados entre 2018 e 2021, com um total de 18 artigos. São artigos que não apresentam tanta representatividade como os artigos do repositório A, mas tem seus autores reconhecidos e resumo alinhado ao tema da pesquisa.

Pode-se observar também na tabela 1, que o grupo B apresenta um número superior em relação à quantidade de artigos publicados pelo grupo C. Isto é, no período de 2021 a 2022, foram disponibilizados 228 artigos, enquanto o período de 2018 a 2020, esta quantidade diminui para 102.

Na figura 2, o gráfico representa os países com o maior número de publicações entre os 78 artigos do portfólio final que apresentam resumo alinhado ao tema da pesquisa publicados entre 2018 e 2022. A China encontra-se na primeira posição do ranking, com 23 publicações sobre o uso de *B. subtilis* na agricultura, seguido dos EUA com 19 publicações. O Brasil ocupa a sétima posição, com 5 publicações.

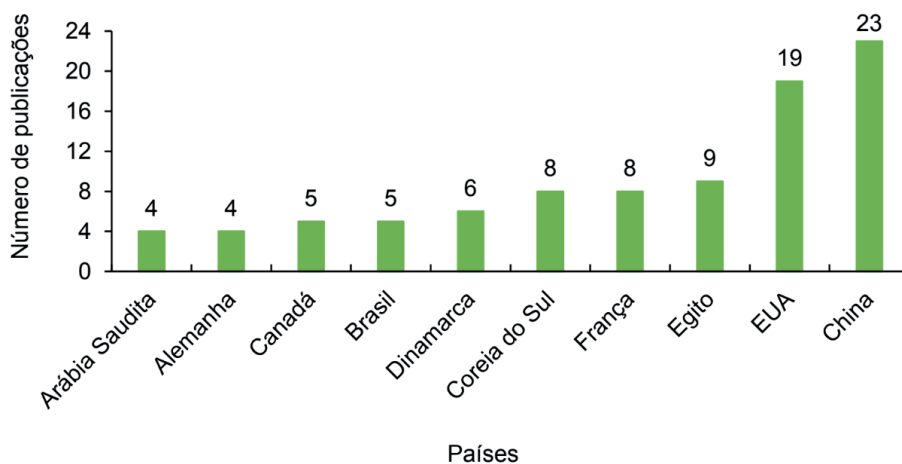


Figura 2 - Países com maior número de publicações entre os 78 artigos publicados entre 2018 e 2022 que formam o portfólio bibliográfico sobre o uso de *Bacillus subtilis* na agricultura.

A figura 3 representa a composição dos 467 artigos, do qual foi selecionado os artigos do portfólio final, mostra que a China é o País que mais realiza pesquisa com esse tema, com 118 publicações. Já o Brasil se encontra na terceira posição, mostrando que o país tem voltado cada vez mais suas pesquisas para este tema (Figura 3).

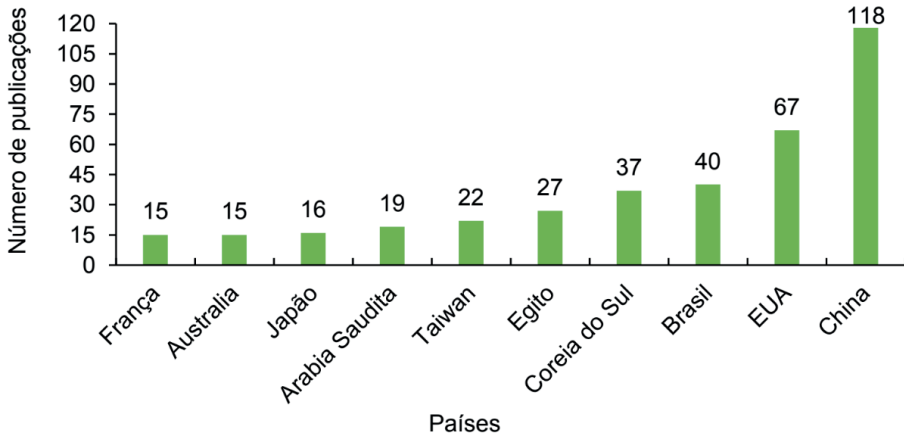


Figura 3 - Países com maior número de publicações entre os 467 artigos publicados entre 2018 e 2022 que formam o portfólio bibliográfico sobre o uso de *Bacillus subtilis* na agricultura.

A análise da relação do número de publicações com o número de citações por ano demonstrou aumento linear na circulação das citações (Figura 4). Isso se dá devido a linha representada na figura ser acumulativa, por isso os últimos anos apresentam um crescimento maior em relação aos anos anteriores. Todavia, no que diz respeito às publicações, o que se observa é uma queda brusca no ano de 2022 em relação à 2021.

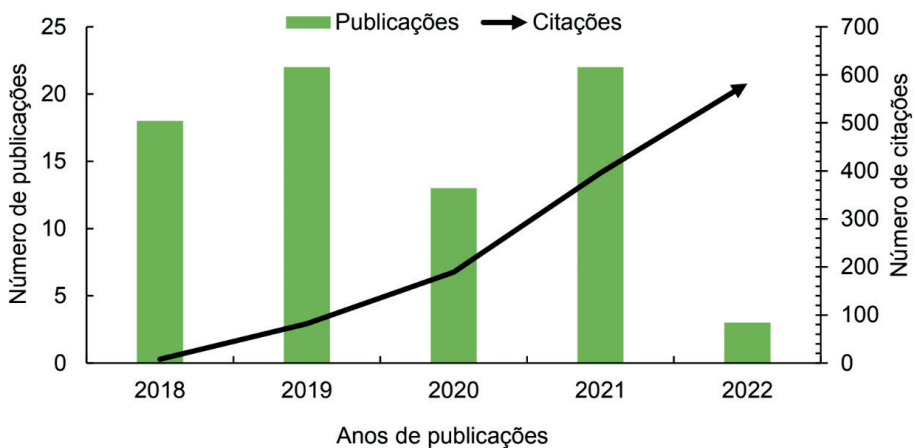


Figura 4 - Relação do número de publicações e citações entre os anos de 2018 e 2022, considerando os 78 artigos que compõem o portfólio bibliográfico sobre o uso de *Bacillus subtilis* na agricultura.

Outro ponto a ser verificado é o quantitativo de autores interessados no assunto, dentro do portfólio (Figura 5). Nota-se uma distribuição homogênea das publicações, indicando que a maioria dos autores com maior representatividade baseado no número de suas publicações, obtiveram quantidades semelhantes de publicação de artigos.

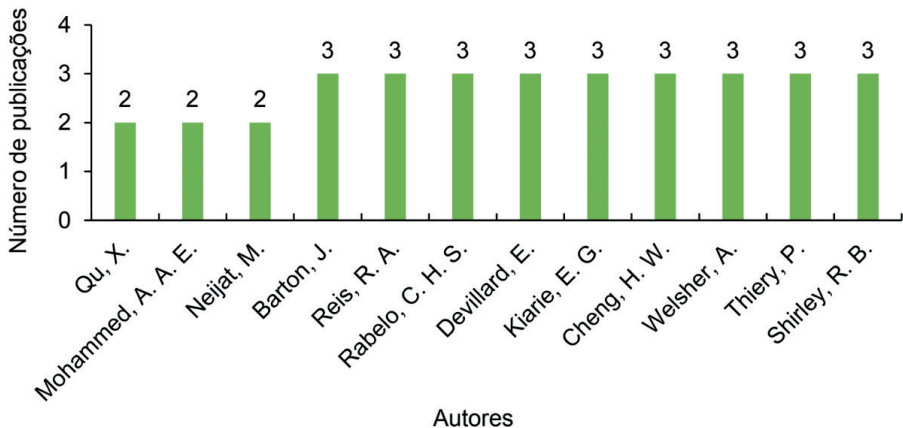


Figura 5 - Autores com maior número de publicações do portfólio bibliográfico sobre o uso de *Bacillus subtilis* na agricultura.

Na busca e análise da relevância científica observou-se que os artigos de Zhang et al. (2021) e Wang et al. (2018) apresentaram o maior número de citações, 54 e 77 citações, respectivamente. Já no outro extremo do gráfico, encontram-se também dois destaques, são os artigos de Oladokun et al. (2021) e de Chen et al. (2019), que apresentam menores números de citações (Figura 6).

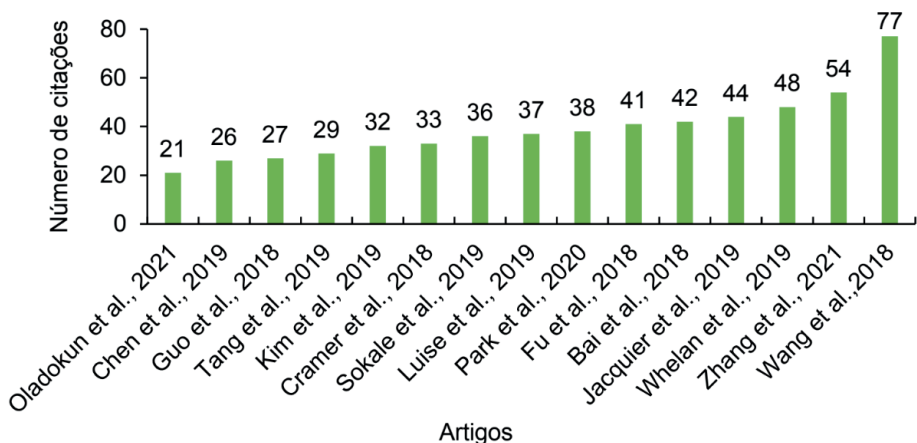


Figura 6 - Relevância dos artigos do portfólio bibliográfico sobre o uso de *Bacillus subtilis* na agricultura.

Assim, pode-se concluir que esses estudos realizados sobre o *Bacillus subtilis* mostram que essa bactéria vem ganhando destaque como tema de produções científicas ao longo dos anos e tem desempenhado funções relevantes na agricultura mundial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este estudo obteve-se um portfólio de 78 artigos relevantes, de reconhecimento científico e alinhados com o tema da pesquisa. Dessa forma foi concluído que:

- I. A China é o país que apresenta o maior número de publicações, já o Brasil ocupa a terceira posição;
- II. 2019 e 2021 foram os períodos com maior número de publicações e 2022 com maior número de citações;
- III. A maioria dos autores apresentaram quantidades semelhantes de publicações;
- IV. O maior número de citações (77) foi observado na publicação de Wang et al. (2018).

REFERÊNCIAS

CARVALHO, G. D. G.; SOKULSKI, C. C.; SILVA, W. V.; CARVALHO, H. G.; MOURA, R. V.; DE FRANCISCO, A. C.; VEIGA, C. P. Bibliometrics and systematic reviews: A comparison between the ProKnow-C and the Methodi Ordinatio. **Journal of Informetrics**, v. 14, p. 101043, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2020.101043>.

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

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Esalq/USP). **Pib do agronegócio brasileiro**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acessado em: 02 jun. 2023.

DUTRA, L. D. A.; QUEIROZ, J. V.; FURUKAVA, M.; COSTA, J. A. F.; SILVA, C. L. D. Intenção empreendedora e empreendedorismo acadêmico: uma análise bibliométrica no contexto da gestão universitária. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL DE GESTÃO UNIVERSITÁRIA, 17, 2017, Mar del Plata, Argentina. **Artigos... Mar del Plata/Argentina: 2017**, 16p.

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, v. 10, p. 2015, 2010.

JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto**: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. São Paulo: Pioneira, 1997. 551p.

LACERDA, R. T. D. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 19, p. 59-78, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2012000100005>.

MARIANO, R.L.R.; KLOEPPER, J. W. Método alternativo de biocontrole: resistência sistêmica induzida por rizobactérias. **Revisão anual de patologia de plantas**, Passo Fundo, v. 8, p. 121-137, 2000.

MEYER, M. C.; BUENO, A. F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília. Embrapa Soja, 2022. 550p.

MONNERAT, R.; MONTALVÃO, S.; MARTINS, E.; QUEIROZ, P.; SILVA, E. Y. Y.; GARCIA, A., GOMES, A. **Manual de produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de bactérias do gênero Bacillus para uso na agricultura**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2020. 46p.

PARETO, V. **Cours d'économie politique: professé à l'Université de Lausanne**. F. Rouge, 1896.

RONCON, N. **A importância do setor agrícola para a economia brasileira**. 2011. TCC (graduação) -Fema, Assis, SP,2011.

SANTANA, M. S.; SANTANA, L. S.; SILVA, O. M. C.; XIMENES, L. M. A. S. Incidência de doenças fúngicas no maracujazeiro (*Passiflora edulis* sp.) em propriedades familiares no município de Alta Floresta - MT. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 15, p. 66-81, 2018.

SANTOS, F. L.; SILVA, F. B.; SÁ, E. L. S.; VIAN, A. L.; MUNIZ, A. W.; SANTOS, R. N. Inoculation and co-inoculation of growth promoting rhizobacteria in irrigated rice plants. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, p. 1-5, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i3a5665>.

SHAFI, J.; TIAN, H.; JI, M. Bacillus species as versatile weapons for plant pathogens: a review. **Biotechnology & Biotechnological Equipment, Abingdon**, v. 31, p. 446-459, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/13102818.2017.1286950>.

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, p. 647-675, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-76122012000300002>.