

UTILIZAÇÃO DE BIOFERTILIZANTES NA AGRICULTURA MUNDIAL - UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E VISUALIZADA DA LITERATURA NO PERÍODO 2013 - 2022

USE OF BIOFERTILIZERS IN WORLDWIDE AGRICULTURE - A BIBLIOMETRIC ANALYSIS AND VIEW OF LITERATURE IN THE PERIOD 2013 - 2022

Autor 1: Paulo Victor Machado Vieira

Filiação: Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios (Propaga) da Universidade de Brasília (UnB)

E-mail: paulovictor.machado@outlook.com;

Autor 2: Armando Fornazier

Filiação: Professor da UnB – Membro do Propaga/UnB

E-mail: armandouenf@yahoo.com.br

Autor 3: Mauro Eduardo Del Grossi

Filiação: Professor da UnB – Membro do Propaga/UnB

E-mail: delgrossi@unb.br

Grupo de Trabalho (GT): << GT4. Questão ambiental, agroecologia e sustentabilidade >>

Resumo

Os biofertilizantes são alternativas promissoras para serem usados na produção agropecuária, pois melhoram a agregação do solo e não possuem agrotóxicos em suas composições. A grande variedade de biofertilizantes disponíveis no mercado oferece aos agricultores a flexibilidade de escolherem produtos que atendam suas necessidades, levando a um incremento do seu uso. O objetivo do artigo é encontrar os tópicos de fronteira sobre os biofertilizantes, algumas tendências de pesquisa sobre esse tema bem como os autores, instituições, revistas e trabalhos relevantes relacionados. O método é o bibliométrico, com o apoio dos *softwares* CiteSpace e VOSviewer, abrangendo o período de 2013 a 2022. De modo geral, constatou-se que a principal área de pesquisa, dentro do universo procurado por esse estudo, é ‘agricultural and biological sciences’. Sobre o país que mais publicou sobre esse tema foi a Índia. O assunto tendência e atual é ‘food safety’, confirmando o aumento da preocupação mundial com a qualidade dos alimentos servidos à população.

Palavras-chave: Biofertilizantes, CiteSpace e VOSviewer, Segurança alimentar

Abstract

Biofertilizers are promising alternatives to be used in food production, as they improve soil aggregation and do not contain pesticides in their compositions. The wide variety of biofertilizers available in the market offers farmers the flexibility to choose products that meet their needs, leading to an increase in their use. The objective of the article is to identify frontier topics on biofertilizers, some research trends on this topic, as well as relevant authors, institutions, journals, and related works. The method used is bibliometric, with the support of the CiteSpace and VOSviewer software, covering the period from 2013 to 2022. Overall, it was found that the main research area, within the scope of this study, is agricultural and biological sciences. Regarding the country that has published the most on this topic, it is India. The trending and current topic is food safety, confirming the global increase in concern for the quality of food served to the population.

Keywords: Biofertilizers, CiteSpace and VOSviewer, Food safety

1. Introdução

Historicamente a agricultura tradicional tem proporcionado ganhos econômicos significativos, mas também tem causado impactos ambientais. O uso contínuo de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos levou à destruição dos solos e corpos hídricos, além de promover distúrbios nas plantas (CAVALCANTE *et al.*, 2019). Outra importante questão relacionada ao uso desse tipo de fertilizantes industrializados é o esgotamento do petróleo e de outras fontes naturais afetando negativamente o meio ambiente (XAVIER JUNIOR *et al.*, 2021). Esses problemas estão relacionados pela forma convencional de produção agrícola que gera um grande número de externalidades negativas (CAVALCANTE *et al.*, 2019).

Por muito tempo, os biofertilizantes têm sido utilizados como alternativa relevante na produção de espécies hortícolas no Brasil, a fim de diminuir o uso indiscriminado de minerais sintéticos fertilizantes, que elevam o custo de produção e, em alguns casos, induzem à degradação ambiental (CAVALCANTE *et al.*, 2019, p.422).

Neste contexto, a busca por outras formas de fertilização e uma agricultura agroecológica têm se tornado uma alternativa mais promissora para os agricultores (XAVIER JUNIOR *et al.*, 2021). Agricultores têm trocado os fertilizantes convencionais por biofertilizantes para usar em suas produções, pois melhoram a agregação do solo e são capazes de integrar compostos orgânicos (KADAM; BIOSYS; NIRMALNATH, 2020). Outro benefício dessa tecnologia é a de não possuírem agrotóxicos em sua composição e não produzirem impactos negativos no meio ambiente, se tornando, um projeto de baixo impacto e altamente produtivo (HUITO-TARQUINO; GARCIA-APAZA; CONDE-VISCARRA, 2022).

A maioria dos biofertilizantes também secreta hormônios como auxina, citocinina e biotina, bem como vitaminas, para o crescimento das plantas. Além disso, ao secretar antibióticos, que são eficazes contra a maioria dos patógenos de plantas. Eles também as protegem contra salinidade e estresse hídrico. Os microrganismos dos biofertilizantes aumentam a resistência a fatores de estresse bióticos e abióticos e melhorar o rendimento das plantas (ATAEI *et al.*, 2022, p. 2).

A agricultura deve ser priorizada como estratégia de alimentação das gerações futuras e os biofertilizantes líquidos vêm se destacando nos meios de pesquisas, como uma eficiente e financeiramente viável alternativa para os agricultores, potencializando a produção e melhorando a qualidade ambiental. No Brasil, esses insumos são produzidos principalmente via fermentação de componentes orgânicos (MONTEIRO *et al.*, 2021).

A preparação de biofertilizantes emprega, como fontes de matéria orgânica, restos de frutas da propriedade, vermicompostos, plantas ou adubos frescos, esterco suíno, caprino, bovino ou outros (KADAM; BIOSYS; NIRMALNATH, 2020).

Devido a sua grande produtividade agrícola o Brasil representa 7% do uso global de fertilizantes, ficando atrás apenas da China, Índia e Estados Unidos. Além disso, o país ocupa o quarto lugar no consumo de nitrogênio, o terceiro lugar no consumo de fósforo e o segundo lugar no consumo de potássio. Apesar de ser um grande consumidor de fertilizantes, o Brasil viu uma significativa diminuição na produção interna nos últimos 10 anos, resultando em um aumento correspondente nas importações de adubos durante esse período (ANDA, 2023).

O setor de agronegócio no Brasil enfrenta a falta de uma indústria capaz de atender à crescente demanda por fertilizantes necessária para suprir o país. Em 2021, apenas aproximadamente 15% de todos os fertilizantes disponíveis no mercado são produzidos internamente (ANDA, 2021)

Adicionalmente, os preços dos principais tipos de fertilizantes, como potássio, ureia e fosfato diamônico (DAP), experimentaram um aumento substancial. De acordo com a Associação Internacional de Fertilizantes (IFA), as principais razões por trás desse aumento de preços são as crises no fornecimento de gás natural na Europa e o efeito das sanções sobre o potássio, ambos resultantes do contexto da guerra entre Rússia e a Ucrânia que se iniciou em fevereiro de 2022 (IFA, 2022).

O principal objetivo do artigo é encontrar os tópicos de fronteira, algumas tendências de pesquisa sobre esse tema bem como os autores, instituições, revistas e trabalhos relevantes relacionados com o tema utilização de biofertilizantes através do método bibliométrico. Toda essa pesquisa foi elaborada em torno das perguntas: quem são as principais instituições e países que mais contribuíram com o tema de biofertilizantes? Quais são as tendências em publicações dentro do campo de pesquisa de biofertilizantes? Para responder a essas perguntas, o artigo considera a literatura acadêmica disponível no Scopus (Elsevier), no campo de pesquisa de biofertilizantes entre os anos de 2013 a 2022 como objeto de estudo para poder abranger os últimos dez anos de pesquisa relacionados a esse tema, e usa as análises de citações bibliométrica como base teórica para sintetizar esse material através dos dois principais softwares VOSviewer e CiteSpace.

Este artigo pode contribuir através do fornecimento de uma análise bibliométrica da evolução do assunto biofertilizante com o mapeamento visual. Contribuindo, assim, para que outros pesquisadores possam se familiarizar e compreender os temas e tendências mais rapidamente, fornecer referências, e lições metodológicas para futuras pesquisas acadêmicas, e por fim, contribuir para a formulação de políticas públicas (CAVALCANTE *et al.*, 2019).

Para a elaboração deste trabalho foi utilizado o software VOSviewer para análise de autor e palavras destacadas. Para a análise de visual de *clusters* e linhas do tempo de autores, instituições, países e palavras-chaves foi utilizado o software CiteSpace. Os dois softwares foram criados para aprimorarem a compreensão sobre a estrutura e dinâmica de uma coleção de registros de publicações, os softwares são capazes de gerar representações visuais das redes formadas por meio da utilização de técnicas de mapeamento e agrupamento de dados (FONTOLAN; IAROZINSKI NETO, 2021).

2. Definição dos atributos de biofertilizantes

Os biofertilizantes são caracterizados a partir da presença de microrganismos, pois são eles que influenciam positivamente na absorção da de nutrientes das plantas, conforme Silva Berilli *et al.* (2022) apresentam em seu trabalho com o biofertilizante líquido aplicado diretamente no cacho de banana (plátano) ‘Terra Maranhão’ onde os autores afirmam que a pulverização de biofertilizante proporciona um aumento significativo tanto no impacto da produtividade, com frutos e cachos mais pesados, quanto nas características da pós-colheita. Para os autores, os biofertilizantes foliares também são eficientes, e não apenas os tradicionais que são aplicados no solo. Assim, como Silva Berilli *et al.* (2022), o trabalho de Huito-Tarquino, Garcia-Apaza e Conde-Viscarra (2022) também buscou pesquisar o comportamento de manjerição após a aplicação de diferentes doses de um biofertilizante líquido foliar. Como resultados os autores afirmaram que houve melhor desenvolvimento do manjerição. Outro exemplo sobre a aplicação de biofertilizantes em produções é a de Monteiro *et al.* (2021) que em seu estudo foi avaliado os efeitos da aplicação de um biofertilizante a base de resíduos de frutas e esterco bovino em sementes de feijão-de-porco em diferentes concentrações. Como conclusão os autores afirmam que houve incremento significativo em diferentes partes das plantas demonstrando verdadeira eficiência dos biofertilizantes. Esse aumento de produtividade na horticultura também foi acompanhado pelo trabalho de Lourival Cavalcante (2019) o qual estudou a utilização de biofertilizante na horticultura. O autor elaborou uma revisão de literatura analisando os efeitos que essa tecnologia apresenta na terra e nos cultivos

de ciclo curto. Através dessa revisão, além do aumento de produtividade, também é discorrido sobre os efeitos positivos no controle de insetos-praga, ácaros e doenças causadas por fungos, bactérias e fitopatógenos. O que foi reforçado em outras culturas, como no caso do trabalho de Meghraj Kadam, Kan Biosys e Jones Nirmalnath (2020) que abordaram a aplicação dessa tecnologia em algodoeiro. Os autores realizaram testes com biofertilizante líquido em algodão de diferentes estágios de crescimento e apesar dos aumentos de produtividade e crescimento das plantas, o biofertilizante pulverizado também não apresentou efeito fitotóxico na cultura.

Os biofertilizantes surgiram como alternativa para a nutrição das plantas, para tornar a produção mais agroecológica, conservar o meio ambiente e paralelamente aumentar os rendimentos dos agricultores com suas culturas. Puglia *et al.* (2021) retratam em seu estudo a importância de valorizar os resíduos agrícolas e transformá-los em bioestimulantes, biofertilizantes ou biopolímeros. Os autores tinham como objetivo realizar uma revisão de literatura informativa e atualizada que relatasse sobre a conversão de resíduos agrícolas em materiais úteis para a agricultura. Para eles, ao transformar esses resíduos o indivíduo estaria preservando o meio ambiente, reduzindo os impactos nos recursos naturais e limitando o uso de compostos tóxicos.

Para alcançar esses benefícios elencados por Puglia *et al.* (2021) essas tecnologias precisaram se modernizar, ficando mais inteligente e revolucionando a agricultura futura, como tem demonstrado o estudo de Al-Mamun *et al.* (2021) que acreditam que os nanofertilizantes são técnicas promissoras para a agricultura atual. Nesse trabalho os autores apresentam uma revisão narrativa sobre o potencial nutricional dos nanofertilizantes em diferentes culturas e como essa nova tecnologia pode conservar os ecossistemas. Como conclusão os autores afirmam que os nanofertilizantes são capazes de transformar o futuro dos sistemas agrícolas além de ser uma prática segura e não prejudicial ao meio ambiente. Mahapatra, Satapathy e Panda (2022) trouxeram uma perspectiva semelhante sobre os nanofertilizantes, para eles essa tecnologia inovadora é uma fonte facilitadora de biodisponibilidade de nutrientes, capaz de gerar um aumento múltiplo na produtividade do produtor. Como exemplo, eles relatam sobre as potencialidades dessa tecnologia usar como base as algas.

A aceitação dessa tecnologia ainda é pequena, como foi abordado pelo artigo de Pouria Ataei *et al.* (2022) no qual os autores investigaram os fatores que contribuíam para que os agricultores usassem biofertilizantes ou não. Em Pouria Ataei *et al.* (2020) é examinado a intenção dos agricultores em utilizarem tecnologias verdes. Dentre as principais influências encontradas no artigo estão as normas morais, atitude, autoidentidade, benefícios percebidos, sugestões e opiniões de amigos e sustentabilidade percebida. Esses constructos são reafirmados com o trabalho de Saeed Gholamrezai *et al.* (2021) no qual procurou como que as normas sociais e pessoais e o controle comportamental percebido sobre o comportamento pró-ambiental das pessoas que moram no meio rural influencia suas decisões. Uma das conclusões do artigo é que para mudar o comportamento humano é necessário identificar as variáveis efetivas para que isso ocorra. No trabalho de Freitas *et al.* (2013) é frisado a importância de uma transferência tecnológica e inovação por meio da sustentabilidade. Nesse estudo, os autores buscaram identificar as formas em que uma sociedade incorpora as tecnologias desenvolvidas pela Universidade Federal do Paraná visando o desenvolvimento sustentável local.

3. Metodologia

A bibliometria baseia-se em utilizar diferentes abordagens estatísticas com bases literárias, na qual são analisadas as publicações de artigos, livros, relatórios e outros periódicos para avaliar e analisar a produção acadêmica científica de determinados campos de pesquisa (FONTOLAN; IAROZINSKI NETO, 2021). “Estes métodos vêm sendo utilizados

para rastrear as citações de revistas acadêmicas e ajudam na organização e análise de grandes quantidades de informações” (FONTOLAN; IAROSINSKI NETO, 2021, p. 3). Esta investigação pode ser categorizada como exploratória e descritiva, e é descrita como um estudo bibliométrico que emprega uma abordagem quantitativa.

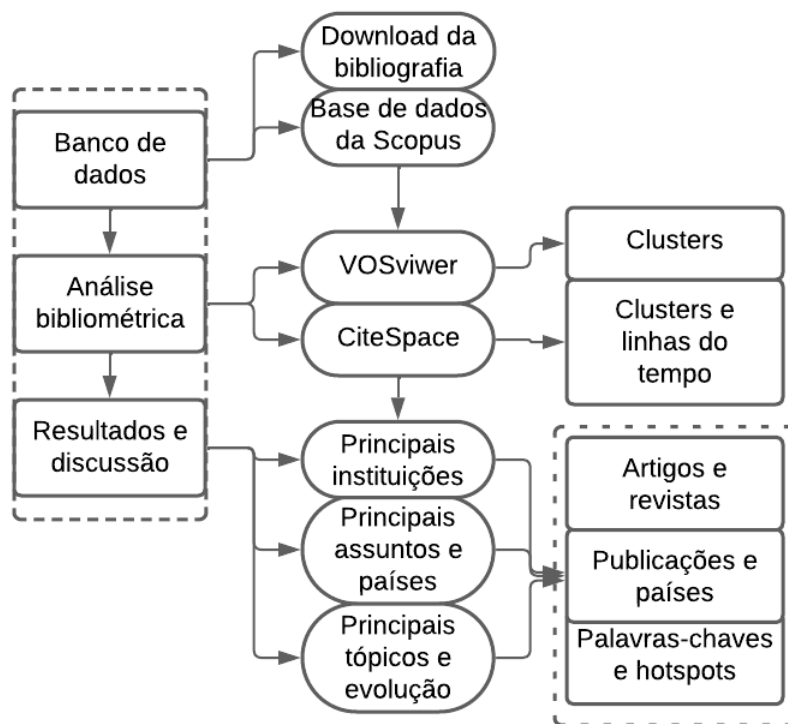
3.1 Aquisição e interpretação dos dados

Esse artigo utilizou da análise descritiva, através do uso do software VOSviewer para analisar a coocorrência de termos e cocitações de autores. Para as análises com *cluster* e linha do tempo autor, instituições, revistas, países, e palavras-chaves foram através do software CiteSpace. Foram selecionadas referências sobre aplicação de biofertilizantes. Utilizou-se da seguinte combinação de busca: (Biofertilizers OR Bio fertilizer OR Biofertilizer) AND Application OR Promotion AND Horticulture OR Agriculture OR (“Family farm” OR Smallholder) AND NOT Slurry OR “Global warming” OR Salinity OR (Biogás OR Biogas) OR Biochar OR Biofuel OR PGPR OR Bovinae. A busca foi realizada na base de dados Scopus (Elsevier) selecionando apenas periódicos: finalizados; Subject Area: Agricultural, Biological Sciences e Social Sciences; Document Type: Article. Entre os anos de 2013 até 2022. Como resultado foi obtido: 628 publicações (Dados recuperados em: 29 de novembro de 2022, 10h25).

Os registros foram obtidos da plataforma Scopus utilizando a função “exportar”, selecionando formato “RIS”, na opção “Quais informações você deseja exportar?” foram selecionadas (i) Informações de citação, (ii) Informação bibliográfica, (iii) Resumo e palavras-chave e (iv) Outras informações. Nenhum dos artigos recuperados na pesquisa foi excluído.

Neste estudo, o VOSviewer e o CiteSpace foram utilizados para criar representações visuais que mapeiam o conhecimento de pesquisa relacionado a biofertilizantes. Isso incluiu a análise bibliométrica de autores, a identificação de palavras-chave relevantes, a visualização de agrupamentos temáticos e a análise de tendências temporais envolvendo autores, instituições, países e termos-chave, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Fluxograma do quadro de pesquisa para a análise bibliométrica da aplicação de biofertilizantes.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022, adaptado SU *et al.* (2022)

3.2 VOSviewer: Uma curta introdução

O aplicativo VOSviewer, que representa a sigla para "Visualization of Similarities Viewer", é uma ferramenta criada para a visualização e exame de dados. Sua finalidade reside em auxiliar na exploração e compreensão de padrões e conexões presentes em conjuntos de dados científicos e bibliométricos (MOREIRA; GUIMARÃES; TSUNODA, 2020).

A proposta fundamental do software é criar visualizações onde os elementos são dispostos de maneira a refletir com alta precisão a semelhança entre qualquer par de elementos por meio de sua distância relativa. Em outras palavras, ele possibilita a criação de representações visuais interativas. Nesses esquemas, publicações científicas são retratadas como pontos, enquanto as relações entre elas são indicadas por linhas ou conexões (MOREIRA; GUIMARÃES; TSUNODA, 2020).

Essas representações têm a finalidade de auxiliar pesquisadores na identificação de agrupamentos de documentos correlatos, tópicos emergentes, colaborações entre autores e outros dados pertinentes em um campo de pesquisa específico. O software concede várias opções de personalização, como cores, dimensões dos pontos e layouts, de modo a simplificar a interpretação dos dados (MOREIRA; GUIMARÃES; TSUNODA, 2020).

O VOSviewer é aplicável a uma ampla gama de conjuntos de dados de redes. Por exemplo, ele pode ser usado com bases como Web of Science e Scopus para investigar a estrutura e a dinâmica das redes de conhecimento em diversas áreas acadêmicas. Essa perspectiva é discutida em detalhes em estudos de Moreira, Guimarães e Tsunoda (2020).

Uma das principais vantagens desse software é a agilidade na configuração, o controle aberto sobre os dados para efetiva reprodução e a redução de tempo na análise. Tais fatores contribuem para aprimorar o processo de divulgação e aumentar a transparência das

informações, como evidenciado nos relatórios gerados (MOREIRA; GUIMARÃES; TSUNODA, 2020).

3.3 CiteSpace: Uma rápida exposição

CiteSpace é uma aplicação Java disponibilizada gratuitamente, lançada por Chaomei Chen da Universidade de Drexel em 2003, como um protótipo de investigação. De acordo com Chen (2016), essa ferramenta tem como propósito visualizar a progressão de uma rede ao longo de vários intervalos de tempo, representando seus nós e frequências. Ela segue um modelo direto de comunicação acadêmica, no qual uma coleção transitória de artigos científicos faz referência a um conjunto de trabalhos na literatura, denominado base intelectual (CHEN, 2016).

Em essência, essa aplicação possibilita a representação visual de tendências emergentes na literatura científica. Isso viabiliza a identificação de áreas de destaque, o padrão de desenvolvimento de um determinado campo ao longo do tempo, incluindo rupturas (quando conhecimentos estabelecidos cedem espaço para inovações científicas) e explosões (momentos de aumento significativo na publicação de trabalhos sobre um mesmo tema). Além disso, ela evidencia as conexões entre diversas linhas de pesquisa, utilizando um amplo repositório de artigos como fonte de dados (CHEN, 2016).

Desde sua criação, o software tem passado por contínuos desenvolvimentos e atualizações, fornecendo várias opções para o entendimento do estado atual de um campo de pesquisa ou até mesmo de múltiplas disciplinas (CHEN, 2016). Por essa razão, a aplicação tem sido amplamente adotada, particularmente na China, em nações europeias, nos Estados Unidos e no Brasil.

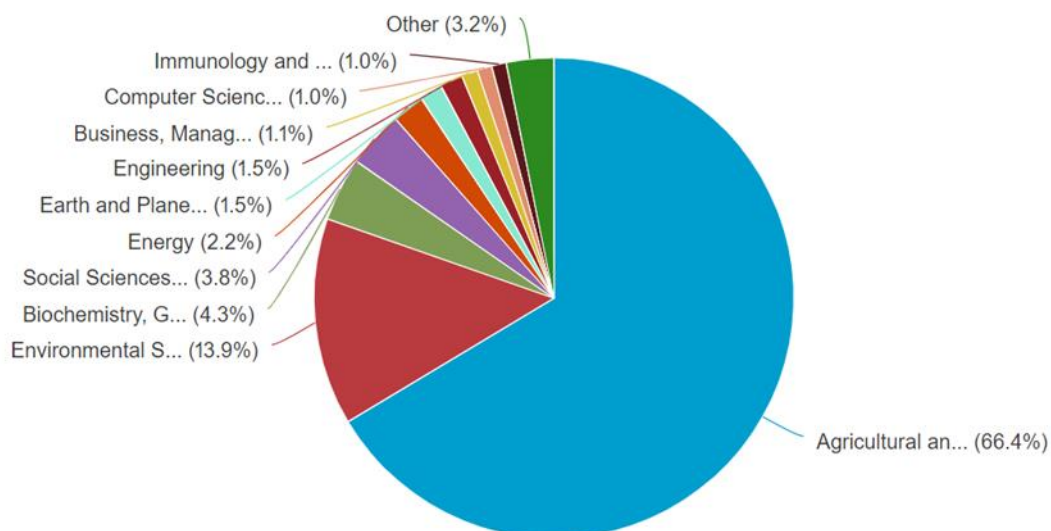
4. Resultados

4.1 Artigos por área de pesquisa e artigos por país

As 628 publicações encontradas foram analisadas e, nota-se que grande parte (66,4%) das publicações está relacionada com a área de pesquisa agricultural and biological sciences, seguida por (13,9%) na área de enviromental science, como está apresentado no gráfico 1. Em termos da quantidade de periódicos publicados por países (Gráfico 2 e figura 2), o banco de dados Scopus (Elsevier) identificou os dez principais países com maior importância nas pesquisas sobre o assunto. Isso ilustra as regiões onde o tema “biofertilizantes” obteve o maior número de publicações em todo o mundo, a maioria foram publicados pela Índia (289 publicações), seguidos pelo Iran (46 publicações) e Brasil (45 publicações).

Gráfico 1: Artigos sobre biofertilizantes por área de pesquisa

Documents by subject area

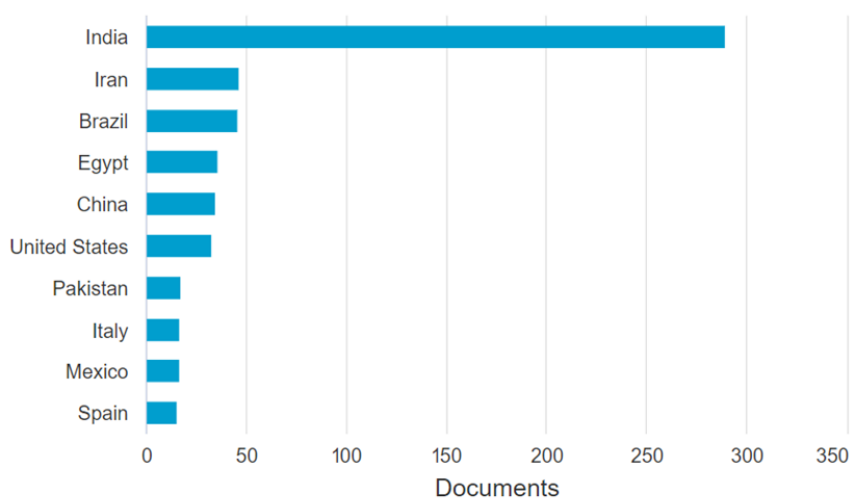


Fonte: Scopus (Elsevier) (2022)

Gráfico 2: Artigos sobre biofertilizante por país.

Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



Fonte: Scopus (Elsevier) (2022)

World map showing the distribution of publications by country. The map uses a color scale from dark green (Many publications) to light green (Few publications) to gray (No publications).

Legend:

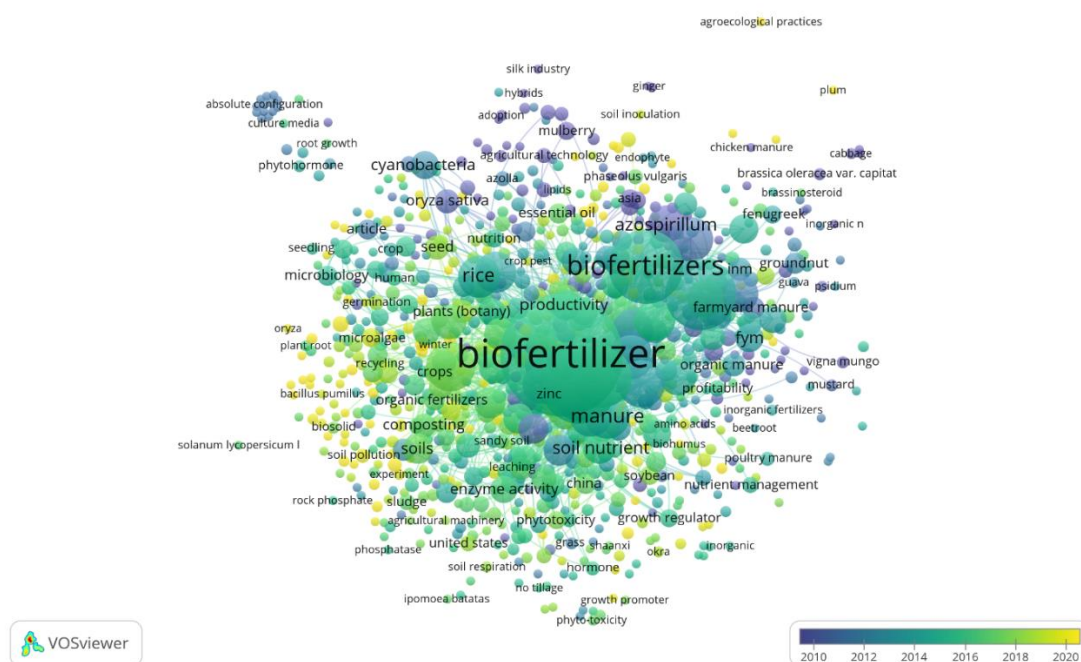
- Muitas publicações
- Few publications
- Sem publicações

Created with mapchart.net

Um *hotspot* de pesquisa denota uma coleção de questões ou assuntos de pesquisa nos quais os pesquisadores se concentraram durante um período específico. A quantidade de publicações de literatura relacionada aumentou notavelmente, construindo assim uma rede de conexões. Dentro de um artigo, as palavras-chave podem refinar, extrair e encapsular sucintamente o conceito principal do artigo. Além disso, eles podem ilustrar vividamente a direção e o significado dos resultados da pesquisa, formando um componente integral do artigo (XU *et al.*, 2022). Nesta investigação, o software VOSviewer foi empregado para avaliar visualmente as palavras-chave da literatura publicada referente à área de pesquisa de biofertilizantes, construindo assim um gráfico de conhecimento. Na Figura 3, os nós circulares simbolizam palavras-chave individuais. As dimensões e área desses nós circulares correspondem à frequência da palavra-chave no domínio de pesquisa de biofertilizantes.

Página 9 de 20

Figura 3: Rede de coocorrência de termos



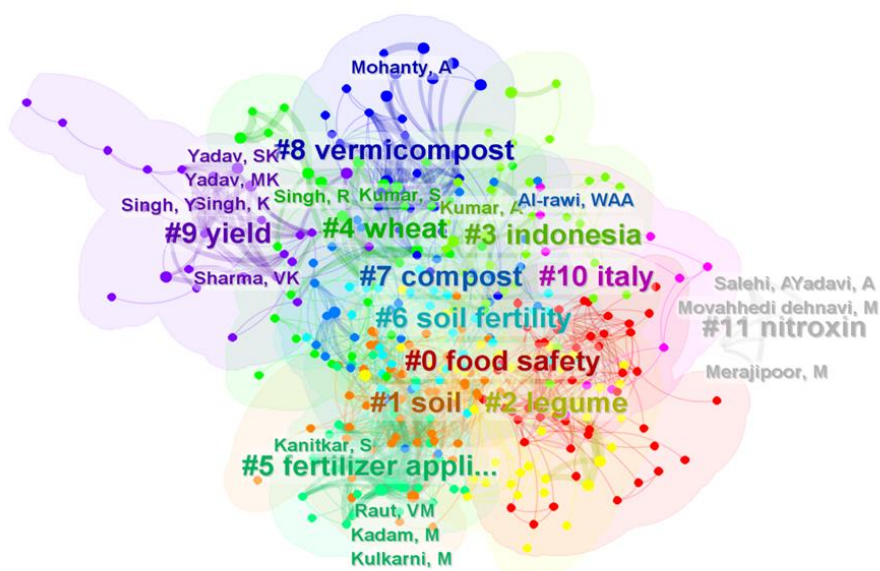
Fonte: VOSviewer (2022)

4.3 Principais áreas de pesquisa dos autores

A análise visual da linha do tempo da rede foi realizada no CiteSpace, com o objetivo de compreender as origens, o desenvolvimento histórico e o estado atual dos *clusters* (áreas de pesquisa). A divisão é estruturada em *clusters* ao longo de uma linha horizontal que progride da esquerda para a direita. Com esse software foi possível realizar esse mapa (Figura 4) no qual é apresentado as principais áreas pesquisadas. A coincidência de palavras entre o título e o resumo indica a relevância e a proximidade dos conceitos e abordagens nos artigos (itens). Além disso, é viável avaliar a cronologia da análise usando uma variação de cores gradientes, permitindo a identificação dos termos mais recentes.

A partir da análise desta figura podemos perceber, que o conglomerado “#0” é referente a food safety, em seguida soil (cluster #1) e legume (cluster #2), seguindo desta forma até o último formado que foi o nitroxin.

Figura 4: Principais áreas de pesquisa dos autores

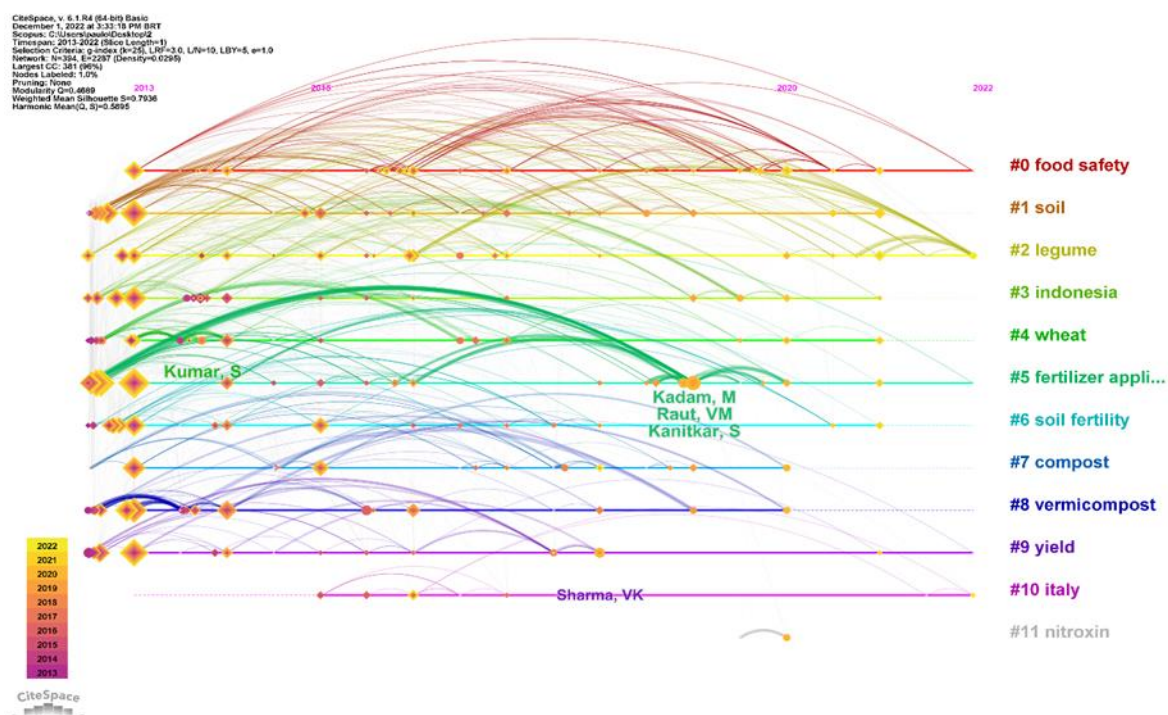


Fonte: VOSviewer (2022)

4.4 Visão da linha do tempo dos 11 clusters

A análise visual da linha do tempo da rede foi realizada utilizando o CiteSpace, visando compreender as origens, o desenvolvimento histórico e o estado atual dos *clusters* (áreas de pesquisa). A divisão é estruturada de acordo com *clusters* ao longo de uma linha horizontal que progride da esquerda para a direita. Nota-se, nesta linha (Figura 5), que os estudos mais atuais foram: legume, soil e food safety. Áreas como vermicompost, yield, soil fertility, compost, nitroxin por exemplo, não apresentam grandes volumes de investigação da academia.

Figura 5: Visão da linha do tempo dos 11 *clusters*

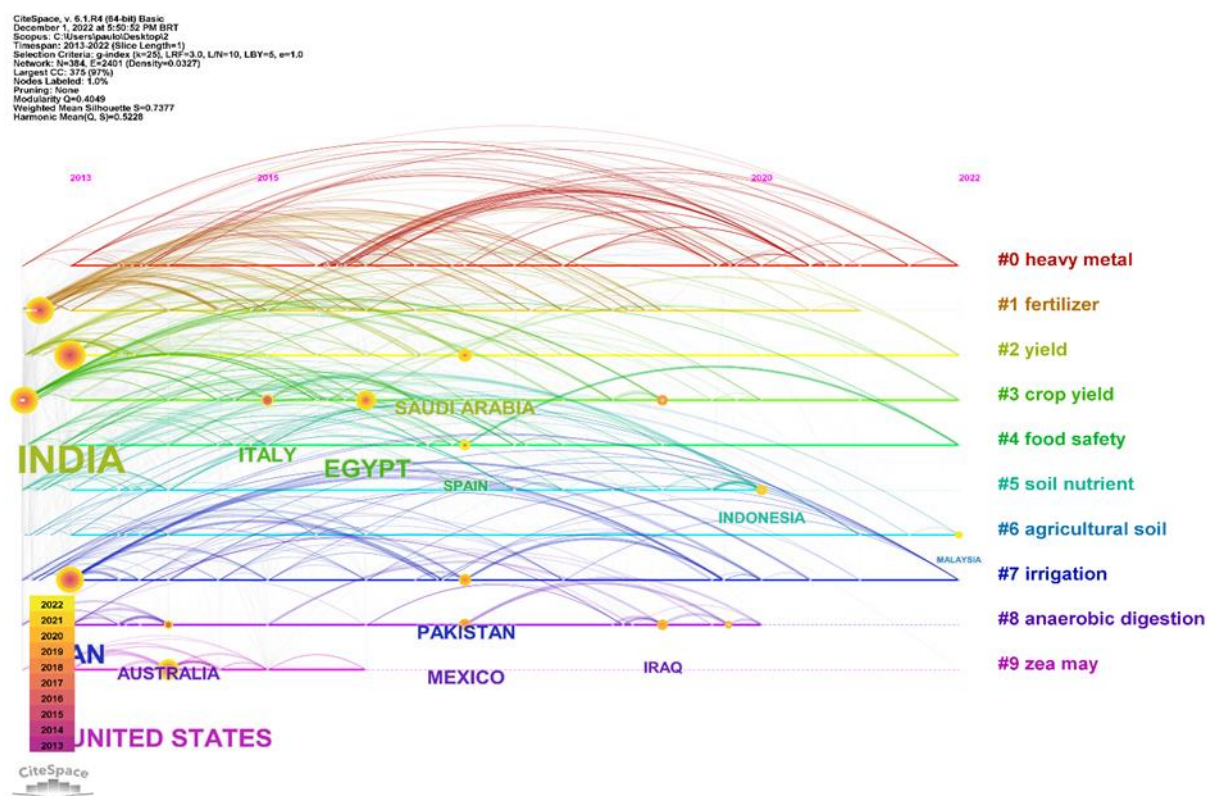


Fonte: CiteSpace (2022)

4.5 Visão da linha do tempo das principais áreas de pesquisa por país

É possível notar na figura 6 que as publicações mais recentes são: *Heavy metal*, *fertilizer* e *yield*. Áreas como *zea may*, *anaerobic digestion* e *irrigation*, por exemplo, não apresentam volume de publicações.

Figura 6: Visão da linha do tempo das principais áreas de pesquisa por país



Fonte: CiteSpace (2022)

Tabela 2: Principais instituições dentro do universo de pesquisa

Instituições	Número de publicações
ICAR - Indian Agricultural Research Institute	30
Maharana Pratap University of Agriculture & Technology	17
CCS Haryana Agricultural University	14
Banaras Hindu University	13
Indian Council of Agricultural Research	12
Annamalai University	10
Kan Biosys Pvt. Ltd.	9
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho	9
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa	8
King Saud University	8
ICAR - Research Complex for North Eastern Hill Region, Umiam	8
Agricultural Research Center	8
Universidade Federal da Paraíba	7
Anand Agricultural University	7
University of Tehran	7
Alexandria University	7
Rajasthan Agricultural University, Agricultural Research Station	7
University of Agriculture, Faisalabad	7
Punjab Agricultural University	6
Govind Ballabh Pant University of Agriculture and Technology	6

Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

5 DISCUSSÃO

A partir da visualização dos resultados obtidos desse estudo, dentro do recorte temporal estipulado (2013-2022), permitiu que fossem listados muitos artigos diferentes. No ano de 2015 houve uma queda significativa de publicações relacionados a esse tema, conforme apresentado no Gráfico 3. De acordo com o Instituto de Economia Agrícola - IEA (2015) houve uma queda considerável na venda de fertilizantes e de nutrientes usados para cultivo, que também são importantes para as preparações de bioinsumos assim como para biofertilizantes.

No Brasil, as entregas de fertilizantes ao consumidor final, nos cinco primeiros meses de 2015, totalizaram 9.044 mil t de produto, com retração de 12,0%, em relação ao mesmo período de 2014, que contabilizou 10.276 mil t. Em termos de nutrientes (N, P₂O₅ e K₂O), foram entregues 3.826 mil t, com queda de 14,3% em relação ao mesmo período do ano anterior” (IEA, 2015, p.1).

O ocorrido pode ser justificado pelo aumento dos preços dos produtos devido ao aumento do dólar e ao aumento das taxas de juros durante aquela época. Durante esse ano foram publicados 26 artigos, os autores relevantes para esse universo publicaram durante esse ano como Montemurro, F. “Agronomic performance of experimental fertilizers on spinach (*Spinacia oleracea* L.) in organic farming” e o Kumar, R. “Productivity, Quality and Soil Health as Influenced by Organic, Inorganic and Biofertilizer on Field Pea in Eastern Himalaya”

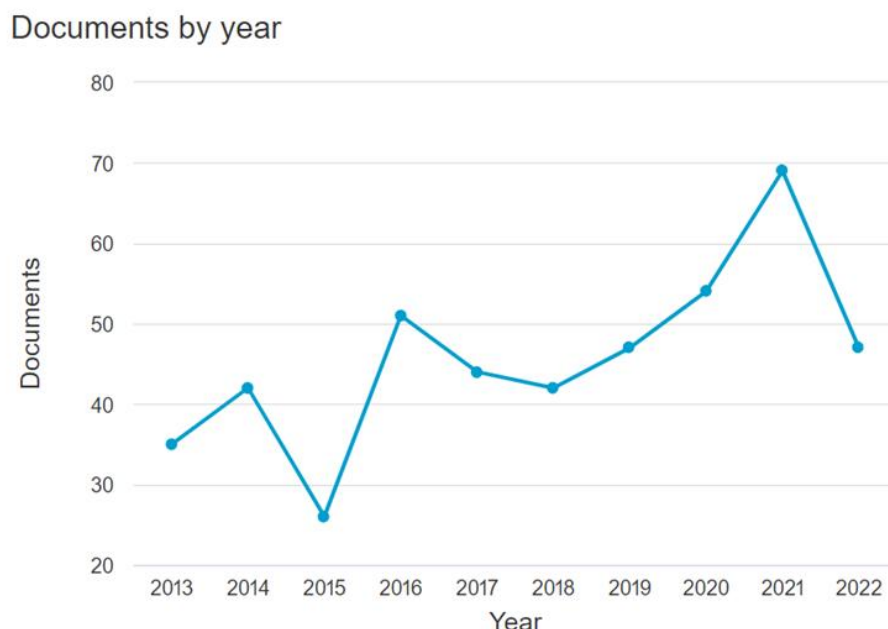
As entregas de nitrogenados (N), em nutrientes, no período de janeiro a maio de 2015, atingiram 1.332 mil t, com decréscimo de 5,3%, em relação ao mesmo período do ano anterior (quando perfizeram 1.407 mil t). Os fosfatados (P₂O₅), no mesmo período, registraram retração de 19,1%, totalizando comercialização de 1.147 mil t no período contra 1.419 mil t entre janeiro e maio de 2014. No caso dos potássicos (K₂O), observou-se queda de 17,9%, baixando de 1.640 mil t de nutrientes, de janeiro a maio de 2014, para 1.346 mil t no mesmo período de 2015. A generalizada redução da demanda pelos nutrientes pode ser atribuída a menor entrega às culturas de: milho safrinha; algodão; renovação de canaviais; trigo; e menor taxa de antecipação das entregas para soja em abril e maio desse ano (IEA, 2015, p.1).

No ano de 2021 houve o maior registro de publicações com 69 artigos relacionados a diferentes perspectivas do tema biofertilizantes como: Ciências Agrárias e Biológicas, ciência ambiental, bioquímica, genética e biologia molecular, energia, ciências sociais, engenharia química e outros.

O aumento de pesquisas sobre biofertilizantes durante esse ano pode ser devido ao início da guerra entre a Rússia e Ucrânia, pois a Rússia é um grande exportador de produtos agrícolas como fertilizantes, fazendo com que diversos países que necessitavam desses produtos, buscassem por alternativas, como biofertilizantes, para suprir suas necessidades produtivas (ANTONIOLLI, 2022).

A Rússia é um dos maiores exportadores de fertilizantes químicos do mundo, e, portanto, sendo um grande player dentro do mercado destes produtos. Na sequencialidade dos fatos da invasão russa em solo ucraniano, outras nações impuseram sanções comerciais à federação russa dificultando tanto a exportação dos mesmos quanto a importação de terceiros, afetando diretamente grandes compradores (ANTONIOLLI, 2022, p. 11).

Grafico 3: Número de publicações entre 2013-2022



Fonte: Scopus (Elsevier), 2022.

A figura 6 demonstrou a linha do tempo dos assuntos mais investigados pelos autores, após a análise da linha do tempo, o tema mais atual encontrado pelo software foi food safety, trabalhos como: Ruiz-Nieto, Á., *et al.* (2022) “Farmers’ Knowledge and Acceptance of Microalgae in Almería Greenhouse Horticulture”; Tallou, A. *et al.* (2022) “Bio-fertilizers issued from anaerobic digestion for growing tomatoes under irrigation by treated wastewater: targeting circular economy concept”; Ataei *et al.* (2022) “The promotion of biofertilizer application on farms: Farmers’ intentional processes”; Suchithra, M.R. *et al.* (2022) “Effectiveness of green microalgae as biostimulants and biofertilizer through foliar spray and soil drench method for tomato cultivation”; Mamiyil, S. (2022) “A Review on Cyanobacterial Biofertilizer for Organic Rice Cultivation: Technology, Improvement and Future Prospects” se enquadram nessa perspectiva e podem ser considerados como tendências.

Os trabalhos com menos relevância, de acordo com a linha do tempo da figura 6, são os dos temas *yield* e *nitroxin* que são considerados temas que não são mais investigados atualmente ou se estagnaram, dentro dessas linhas podem ser encontrados artigos como: Ram, B. *et al.* (2013) “Effect of organic and inorganic sources of nutrients on productivity, profitability and soil health in lentil (*Lens culinaris*) under vertisols”; Lima Neto, A. J. (2013) “Biofertilizer cattle, mulching and side facing the grooves in the production of bell pepper | [Biofertilizante bovino, cobertura morta e revestimento lateral dos sulcos na produção de pimentão]”; Mondal, M. M. A. *et al.* (2013) “Response of Biofertilizer and urea on growth and yield in Mungbean”; Maeena, M. D. *et al.* (2013) “Effect of biofertilizer and nutrient levels on yield and nutrient uptake by maize (*Zea mays* L.)”.

Sobre o país que mais publicou sobre esse tema foi a Índia através dos autores, também desse país, Kumar S., Kumar A., Singh R. e Kanitkar S. Esse número alto de publicações sobre biofertilizantes deve-se pelo fato que o solo indiano necessita de determinados nutrientes para sua produtividade (SILVA, 2021).

(...) solo indiano precisa ser enriquecido com fósforo (P) e potássio (K) dois dos três principais nutrientes necessários para o crescimento das plantas. O custo de importação destes nutrientes é altíssimo, gerando impactos na receita do setor agrícola do país, por essa razão há um enorme empenho em estudos de

biofertilizantes que utilizem bactérias como solubilizadoras de fósforo e potássio (SILVA, 2021, p. 43).

Apesar do esperado, em que as potências mundiais apresentassem o maior número de publicações relacionadas ao tema em questão, pois detém os maiores investimentos na ciência e pesquisa em geral, a Índia se destacou e possui o maior número de publicações.

Assim como a Índia, China e Brasil também são grandes importadores de fertilizantes químicos. De acordo com o Ministério da Economia, em 2019 o Brasil importou 10,45 milhões de toneladas de cloreto de potássio, o equivalente a 96,5% do total que foi utilizado na agricultura e, apesar das adversidades climáticas, a agricultura desempenha um importante papel na composição do Produto Interno Bruto (PIB) do Irã (SILVA, 2021, p. 44).

Apesar de não ter aparecido nos *clusters* ou linhas do tempo uma vertente que deveria ganhar mais atenção são os nanofertilizantes, trabalhos como: Al-Mamun *et al.* (2021) “Nanofertilizers towards sustainable agriculture and environment”; Mahapatra, Satapathy, Panda (2022) “Biofertilizers and nanofertilizers for sustainable agriculture: Phycoprosects and challenges”; Akhtar *et al.* (2022) “Improvement of Plant Responses by Nanobiofertilizer: A Step towards Sustainable Agriculture” são representações de investigações atuais sobre essa moderna e promissora tecnologia. Sugere-se, então, novas buscas bibliométricas acerca de nanofertilizantes para melhor compreensão sobre suas potencialidades na agricultura atual.

6. Considerações finais

Com a pesquisa, buscou-se encontrar os tópicos de fronteira, algumas tendências de pesquisa sobre esse tema bem como os autores, instituições e trabalhos relevantes relacionados com o tema utilização de biofertilizantes entre os anos 2013 e 2022 através do método bibliométrico.

De modo geral, constatou-se que a principal área de pesquisa, dentro do universo procurado por esse estudo, é *agricultural and biological sciences* demonstrando que biofertilizantes são mais pesquisados visando o aumento de produtividade. Sobre o país que mais publicou sobre esse tema foi a Índia através dos autores, também desse país, Kumar S., Kumar A., Singh R. e Kanitkar S.

O assunto atual e tendência futura é *food safety* confirmando o aumento da preocupação mundial com a qualidade dos alimentos (alimentos seguros) servidos à população.

Sobre as instituições que mais publicaram, a ICAR - *Indian Agricultural Research Institute* se destacou com o assunto *soil* confirmando a preocupação da Índia com os estudos de enriquecer o solo para aumentar sua produtividade.

Portanto, pode-se afirmar que houve um aumento de publicações entre os anos de 2013 e 2022, e que os principais trabalhos estão relacionados a qualidade alimentar, e os não apresentam grandes volumes de investigação da academia estão vinculadas as áreas como: *vermicompost*, *compost*, *nitroxin* por exemplo. Recomenda-se maior investigação nesses temas e maiores estudos relacionados a nanofertilizantes. Como lacunas para esse estudo, destaca-se o fato de ter-se buscado apenas em um banco de dados, Scopus (Elsevier) e em inglês o que exclui estudos que não constam naquele banco de dados e publicados em outros idiomas. Apenas foram incluídos os artigos que foram publicados em revistas científicas, embora o tema também seja abordado em outros modos de divulgação. Os resultados refletem os descobrimentos encontrados na base de dados pesquisada, utilizando o método de análise e os critérios de seleção definidos aqui. Por fim, aconselha-se para novos estudos os bancos como Periódicos Capes, SciELO, ISI *Web of Science*, Repositórios de teses e dissertações, entre outros.

REFERÊNCIAS

ANDA. **Associação Nacional para Difusão de Adubos**. Pesquisa Setorial. Disponível em: https://anda.org.br/pesquisa_setorial/. Acesso em: 20 de outubro de 2023.

ANDA. **Associação Nacional para Difusão de Adubos**. Setor de Fertilizantes: Anuário Estatístico 2020. São Paulo, [2021].

AKHTAR, Nosheen et al. Improvement of Plant Responses by Nanobiofertilizer: A Step towards Sustainable Agriculture. **Nanomaterials**, [s. l.], v. 12, n. 6, 2022.

AL-MAMUN, Md Rashid et al. Nanofertilizers towards sustainable agriculture and environment. **Environmental Technology and Innovation**, [s. l.], v. 23, p. 101658, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101658>.

ALPINO, Tais de Moura Ariza et al. The impacts of climate change on Food and Nutritional Security: a literature review. **Ciência e Saúde Coletiva**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 273–286, 2022.

ANTONIOLLI, Lucas Amorim. **O comércio de fertilizantes Brasil X Rússia após a Invasão Russa na Ucrânia em 2022**. 2022. 1–62 f. - Universidade do Sul do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/29314>.

ATAEI, Pouria et al. The promotion of biofertilizer application on farms: Farmers' intentional processes. **Environmental Technology and Innovation**, Department of Agricultural Extension & Education, College of Agriculture, Tarbiat Modares University (TMU), Tehran, Iran, v. 28, p. 102722, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85132236350&doi=10.1016%2Fj.eti.2022.102722&partnerID=40&md5=03b27d632b94bbe1a59648b0eb901928>.

CAVALCANTE, Lourival Ferreira et al. Biofertilizers in horticultural crops. **Comunicata Scientiae**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 415–428, 2019.

CHEN, Chaomei. CiteSpace: A Practical Guide for Mapping Scientific Literature CiteSpace: Text mining and visualization in scientific literatures View project Sandbox: Graphic Design View project. [S. l.: s. n.], 2016. E-book. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/308204148>.

FONTOLAN, Beatrice Lorenz; IAROZINSKI NETO, Alfredo. Sustentabilidade na habitação de interesse social: análise bibliométrica. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 13, p. e267101321338, 2021.

HUITO-TARQUINO, Luis Eduardo; GARCIA-APAZA, Emilio; CONDE-VISCARRA, Eva. Effects of foliar biofertilization on the Water Use Efficiency in different varieties of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agronomia Mesoamericana*, [s. l.], v. 34, n. 1, 2022.

INTERNATIONAL FERTILIZER ASSOCIATION (IFA). **Public Summary - World Outlook for Fertilizer Demand, Nitrogen, Phosphates and Potash from 2022 to 2023**.

[s.l.: s.n.]. Disponível em:

<https://www.fertilizer.org/wpcontent/uploads/2023/01/2022_IFA_short_term_outlook_report_2022-2023.pdf>.

Acesso em: 22 de outubro de 2023.

KADAM, Meghraj; BIOSYS, Kan; NIRMALNATH, Jones. Bio-Efficacy Of Vitormone (Azotobacter Chroococum) Liquied Bio-Fertilizer On Crop Growth Components And Yield Of Cotton (Gossipium Hirsutum). **Pestology Journal**, [s. l.], v. 44, n. August, p. 10, 2020.

MAHAPATRA, Durga Madhab; SATAPATHY, Kanhu Charan; PANDA, Bhabatarini. Biofertilizers and nanofertilizers for sustainable agriculture: Phycoprosects and challenges. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 803, p. 149990, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149990>.

MONTEIRO, Shirley Santos et al. Biofertilizante como bioestimulante na germinação de feijão de porco. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 09–17, 2021.

MOREIRA, Paulo Sergio da Conceição; GUIMARÃES, André José Ribeiro; TSUNODA, Denise Fukumi. Qual ferramenta bibliométrica escolher? um estudo comparativo entre softwares. **P2P E Inovação**, [s. l.], v. 6, p. 140–158, 2020.

SILVA, A. C. M. Estudo de opinião, tendência das pesquisas e estudo de opinião, tendência das pesquisas. 2021. 79 f. - Universidade de Brasília Campus Planaltina, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/41926>.

SU, Yue et al. A Global Scientometric Visualization Analysis of Rural Tourism from 2000 to 2021. **Sustainability**, [s. l.], v. 14, n. 22, p. 14854, 2022.

XAVIER JUNIOR, Orlando Salvador et al. Utilização de biofertilizantes alternativos no cultivo de palma forrageira: Uma revisão. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 6, p. e46110616024, 2021.

XU, Yuxuan et al. A Bibliometric and Visualized Analysis of the Global Literature on Black Soil Conservation from 1983–2022 Based on CiteSpace and VOSviewer. **Agronomy**, [s. l.], v. 12, n. 10, 2022.