



ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE USO DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA NA PULVERIZAÇÃO AGRÍCOLA

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF SCIENTIFIC PRODUCTION ON THE USE OF REMOTELY PILOTED AIRCRAFT IN AGRICULTURAL SPRAYING

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA SOBRE EL USO DE AERONAVES PILOTADAS A DISTANCIA EN PULVERIZACIÓN AGRÍCOLA

Maria Eduarda Audizio Ribeiro ^{1*}, Luís Felipe Oliveira Ribeiro ², Thales Gomes dos Santos ³, João Guilherme Pereira Nunes ⁴, & Edney Leandro da Vitória ⁵

¹²³⁴⁵ Departamento de Ciência Agrárias e Biológicas (DCAB). Universidade Federal do Espírito Santo. Campus São Mateus (CEUNES). Rod. BR 101, km 61B. Litorâneo, 29932-540, São Mateus-ES.

¹ maria.ea.ribeiro@edu.ufes.br ² luis.f.ribeiro@edu.ufes.br ³ thales.g.santos@edu.ufes.br ⁴ joao.g.nunes@edu.ufes.br ⁵ vitoria.edney@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido: 08.12.2023

Aprovado: 17.02.2024

Disponibilizado: 19.02.2024

PALAVRAS-CHAVE: Bibliometria; drone pulverizador; Agricultura.

KEYWORDS: Bibliometrics; Spray drone; Agriculture.

PALABRAS CLAVE: Bibliometría; Dron rociador; Agricultura.

*Autor Correspondente: Ribeiro, M. E. A.

RESUMO

A utilização de aeronaves remotamente pilotadas (ARPs) no setor agrícola, em operações de pulverização e aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes, está em constante expansão. Com isso, a necessidade de pesquisas técnico-científicas se faz cada vez mais evidente. O objetivo foi realizar um levantamento de informações referentes à temática, utilizando a análise bibliométrica. Essa análise foi conduzida a partir das publicações científicas obtidas pela base de dados Scopus, utilizando termos como UAV, UAS, drone, depósito, RPA, voo, altura, agricultura e velocidade. A análise dos dados foi realizada pelo software VOSviewer. China e EUA são os países que concentram a maioria das publicações científicas, somando cerca de 87% dos estudos selecionados durante o período de 2013 a 2023. Termos como “veículo aéreo não tripulado” (UAV) foram amplamente utilizados no ano de 2019.5, enquanto palavras como “pulverização aérea”, “drones” e “proteção de plantas” só ganharam relevância de citações no ano de 2021. As pesquisas e documentos científicos evoluíram ao longo do tempo, sendo influenciadas por contribuições entre autores de diversos países.

ABSTRACT

The use of remotely piloted aircraft (RPA) in agricultural sector for spraying operations and the application of agricultural pesticides and fertilizers is continually expanding. As a result, the need for technical-scientific research becomes increasingly evident. The objective was to conduct a survey of information related to this theme,

utilizing bibliometric analysis. This analysis was carried out using scientific publications obtained from the Scopus database, employing terms such as UAV, UAS, drone, deposition, RPA, flight, agriculture, and speed. Data analysis was performed using the VOSviewer software. China and the USA are the countries that concentrate the majority of scientific publications, comprising approximately 87% of the selected studies during the period from 2013 to 2023. Terms such as “Unmanned Aerial Vehicle” (UAV) were widely used in the year 2019.5, while words like “aerial spraying”, “drones”, and “plant protection” only gained citation relevance in the year 2021. Research and scientific documents have evolved over time, influenced by contributions from authors in various countries.

RESUMEN

El uso de aeronaves remotamente pilotadas (ARPS) en el sector agrícola para operaciones de pulverización de pesticidas y fertilizantes agrícolas está en constante expansión. Como resultado, la necesidad de investigaciones técnico-científicas se hace cada vez más evidente. El objetivo fue realizar un levantamiento de información relacionada con este tema, utilizando análisis bibliométrico. Este análisis se llevó a cabo utilizando publicaciones científicas obtenidas de la base de datos Scopus, empleando términos como UAV, UAS, drones, depósito, RPA, vuelo, altitud, agricultura y velocidad. El análisis de datos se realizó mediante software VOSviewer. China y EUA son los países que concentran la mayoría de las publicaciones científicas, comprendiendo aproximadamente el 87% de los estudios seleccionados durante el período de 2013 a 2023. Términos como “Vehículo Aéreo No Tripulado” (UAV) se utilizaron ampliamente en el año 2019.5, mientras que palabras como “pulverización aérea”, “drones” y “protección de plantas” solo ganaron relevancia de citas en el año 2021. La investigación y los documentos científicos han evolucionado con el tiempo, influenciados por contribuciones de autores de diversos países.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos, decorrente do crescimento populacional, intensifica a busca por novos métodos e técnicas para aumentar a produtividade dos cultivos agrícolas, além de estabelecer uma maior eficiência nas lavouras, considerando a sustentabilidade. Uma dessas técnicas é a adoção da agricultura 4.0 (Silveira et al., 2023).

O uso de sensores e dispositivos agrícolas inteligentes, promovido pela Internet das Coisas, em que tudo está conectado, possibilitou obter um monitoramento da lavoura por meio da coleta de informações sobre as culturas em tempo real, auxiliando na tomada de decisão ao longo de toda a cadeia produtiva da cultura, alcançando assim um melhor desempenho nas operações realizadas no campo (Javaid et al., 2022).

Uma das tecnologias inseridas nas lavouras e utilizadas na agricultura de precisão são as aeronaves remotamente pilotadas (ARPs). Popularmente chamados de drones, as ARPs apresentam diferentes modelos comerciais capazes de realizar diversas atividades, como a aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes para proteção, controle de pragas, doenças e fertilização foliar. Esse tipo de aplicação é empregado como alternativa para substituir os métodos convencionais de controles fitossanitário, por apresentar uma redução no uso de insumos, evitando assim o desperdício de produtos químicos e diminuindo a contaminação ambiental e do ser humano, além de reduzir os custos de aplicação. Não se limitando quanto à topografia do terreno, espaço de giro, padrão de cultivo e arquitetura do dossel das plantas (Hafeez et al., 2022; Hu et al., 2022; Xu et al., 2022).

O mercado de ARPs para pulverização está experimentando um notável crescimento. No entanto, é evidente a escassez de informações técnicas acerca dessa tecnologia. Nesse contexto, justifica-se o presente trabalho, pois visa viabilizar uma investigação aprofundada do material teórico disponível na literatura especializada. Esta pesquisa se propõe a servir como embasamento crítico, permitindo uma compreensão abrangente das produções, autores, inovações e pesquisas relevantes na área.

Neste sentido, é válido destacar que a bibliometria se configura como um campo da ciência da informação que emprega técnicas quantitativas e estatísticas para avaliar todo trabalho científico produzido. Além disso, essa abordagem permite analisar as inovações decorrentes de pesquisas e o desenvolvimento tecnológico realizado por instituições de ensino e pesquisadores em âmbito internacional. Por meio desta, é possível analisar e construir os indicadores bibliométricos como número de publicações, citações, referências, fator de impacto, ano de publicação e ocorrência de palavras-chave sobre a produção científica. A partir dessa informação, torna-se possível criar representações visuais gráficas e elaborar diversas redes de relacionamentos, como rede de cocitação, coautoria, entre outras redes possíveis. (Rodrigues & Godoy Viera, 2016).

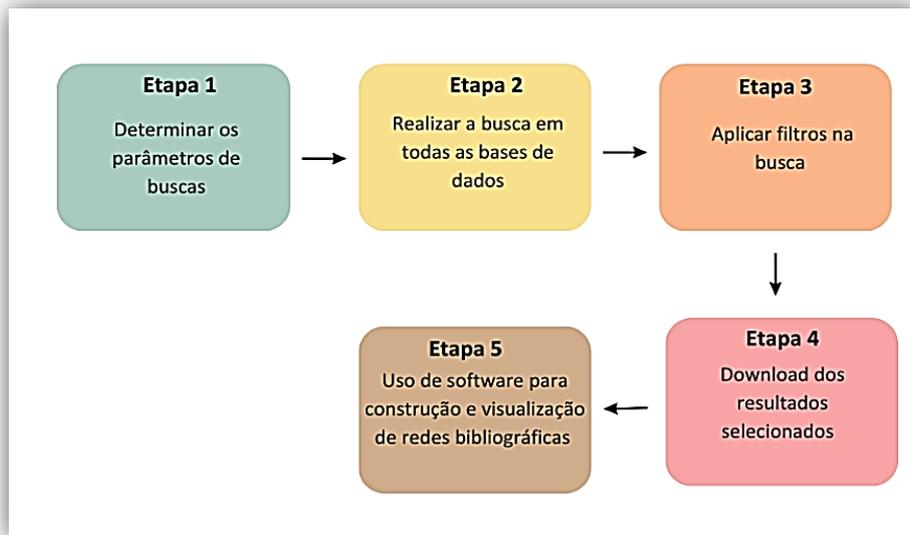
O objetivo desta pesquisa é realizar uma análise quantitativa nos dados disponíveis e desenvolver indicadores bibliométricos, a fim de proporcionar uma representação abrangente do cenário contemporâneo. O foco é explorar integralmente as informações já consolidadas relacionadas à utilização de aeronaves remotamente pilotadas na prática de pulverização agrícola.

2. METODOLOGIA

Para realizar a análise bibliométrica neste trabalho, utilizou-se o banco de dados da plataforma *Scopus* com o intuito de examinar o crescimento e desenvolvimento das produções científicas registrada em seu acervo. A escolha desta plataforma se deve a sua abrangência mundial e pelo extenso conjunto de obras científicas.

Após definir o objetivo da pesquisa e escolher a base de dados a ser utilizada, seguiram-se as etapas delineadas no fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma da análise bibliométrica.



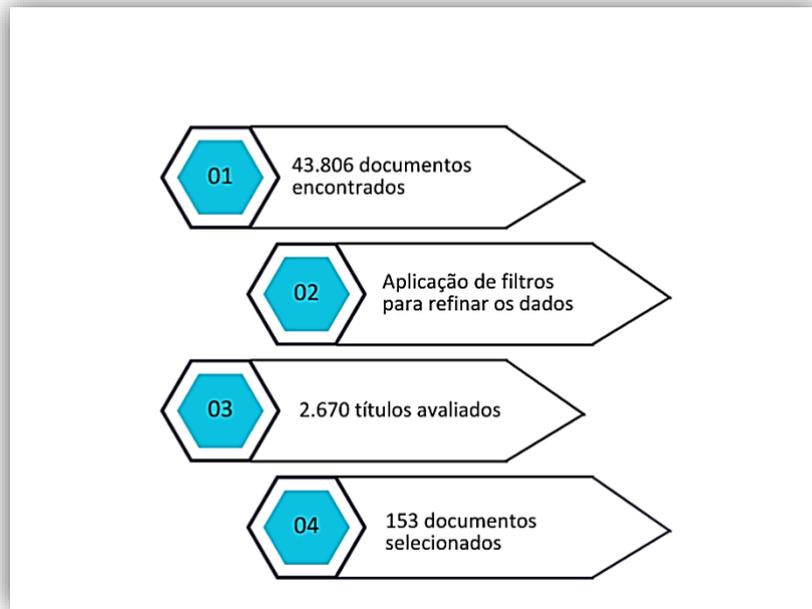
Fontes: Autores (2023).

Para primeira etapa, foram estabelecidos alguns parâmetros para a pesquisa de documentos, garantindo que estes fizessem referência ao tema “Utilização da aeronave remotamente pilotada na pulverização agrícola”. Para isso, foram selecionados os seguintes termos: Sistema de Aeronave Não Tripulada (UAS), Veículo Aéreo Não Transportado (UAV), Aeronave Remotamente Pilotada (RPA), drone, agricultura, depósito, voo, velocidade, altura.

Na segunda etapa, a partir destes parâmetros, foi realizado a procura na plataforma *Scopus* através do campo de pesquisa tópico, que inclui a busca ao título do artigo, resumo e palavra-chave. TITLE-ABS-KEY (“Unmanned Aircraft System”) OR TITLE-ABS-KEY (UAS) OR TITLE-ABS-KEY (“Unmanned Aerial Vehicle”) OR TITLE-ABS-KEY (UAV) OR TITLE-ABS-KEY (“Remotely Piloted Aircraft”) OR TITLE-ABS-KEY(RPA) OR TITLE-ABS-KEY (drone) AND TITLE-ABS-KEY (agricult*) OR TITLE-ABS-KEY (spray*) OR TITLE-ABS-KEY (deposit*) OR TITLE-ABS-KEY (flight*) OR TITLE-ABS-KEY (speed*) OR TITLE-ABS-KEY (height*) AND PUBYEAR > 2009 AND PUBYEAR < 2024 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, “AGRI”)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, “ar”)).

A pesquisa inicial resultou em 43.806 documentos. Posteriormente, na terceira etapa, com base nos resultados obtidos, foi realizado um refinamento selecionando área temática “Ciências Agrárias e Biológicas”, o tipo de documento “Artigo” e o período de publicação de 2013 a 2023, obtendo assim 2.670 documentos. Esses documentos foram avaliados, e aqueles que não atendiam aos critérios de busca ou eram duplicados foram excluídos. Ao final, foram selecionados 153 documentos, como demonstrado no diagrama da Figura 2.

Figura 2. Diagrama da pesquisa.



Fonte: Autores (2023).

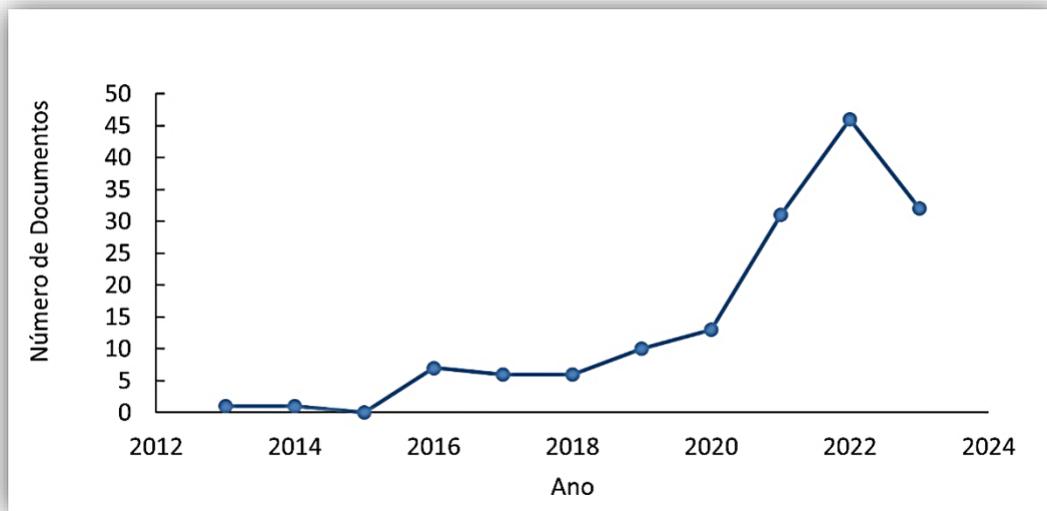
Na quarta etapa, com os documentos selecionados, procedeu-se com a exportação dos arquivos por meio do editor de planilhas Microsoft Excel. Esses arquivos continham as informações bibliográficas, citações, palavra-chave entre outros elementos. Já na quinta etapa, utilizou-se o software livre *VOSviewer* versão 1.6.19 (<https://www.vosviewer.com/>), para importar os conjuntos de dados presentes na tabela do Excel e gerar mapas temáticos capazes de representar as conexões existentes entre os indicadores dos dados bibliográficos, como a relação entre os autores, coautores, instituições, países, número de citações entre outros.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Evolução das Publicações

A partir dos dados coletados, foram analisadas apenas publicações na forma de artigos científicos, totalizando 153 publicações Figura 3, durante o período de (2013-2023). Podemos observar que no ano de 2013, um dos primeiros trabalhos foi publicado por pesquisadores chineses, abordando como os parâmetros operacionais de altura e velocidade de voo influenciam na deposição de pesticidas utilizando aeronave remotamente pilotada (Qiu et al., 2013).

No ano de ano 2019-2020, apesar da ocorrência da pandemia da COVID-19, onde algumas pesquisas tiveram que ser interrompidas, o número de publicação não sofreu redução. Nos anos seguintes, observa-se um aumento progressivo de artigos divulgados no meio acadêmico. Segundo Gustavo Ribeiro da Mundo Geo (Ribeiro, 2021) o mercado global de ARPs tem uma perspectiva de crescimento anual de 9,4% entre 2021 e 2026, podendo atingir US\$: 41,3 bilhões em 2026, indicando que o setor continuará a crescer. Com isso, mesmo com um decréscimo em 2023 em relação ao ano anterior, espera-se que novos artigos possam ser divulgados até o final do ano.

Figura 3. Número de documentos científicos por ano.

Fonte: Autores (2023) via Scopus.

3.2 Contribuição Científica dos Países

Nos últimos anos, os cinco principais países que publicaram artigos científicos na área da pulverização com uso de ARPs foram China, Estados Unidos, Brasil, Índia e Alemanha Figura 4. A China participa ativamente na produção e disseminação de material científico, contribuindo com 77% de todo acervo literário registrado na plataforma *Scopus* obtidos na pesquisa. Enquanto os EUA respondem por 10% dos artigos encontrados, a liderança dos países nas pesquisas deve-se às vantagens encontradas na utilização de ARP na pulverização de pesticidas, como a capacidade de operar em áreas declivosas, redução do número de mão de obra nas atividades de pulverização e atuação como uma alternativa ao uso de pulverizadores terrestres e costais. Essas vantagens impulsionaram a demanda por essa tecnologia, resultando em mais estudos e na geração de novas pesquisas.

Outro ponto que colaborou com o avanço das pesquisas na China e nos Estados Unidos é que ambos possuem regulamentações menos rígidas quanto à atividade de pulverização com ARP, o que permitiu rápido acesso e uso dessa tecnologia e possibilitou que saíssem na frente quanto a pesquisas e aprimoramento das ARPs. Em contraste, lugares como Brasil, Europa e Índia têm regras de voo severas, e as aplicações de produtos fitossanitários por meio de pulverização aérea são rigorosamente controladas (Chen et al., 2022).

A diferença no nível tecnológico entre os países também fica evidente neste estudo, onde podemos observar que o uso de ARP pelo setor agrícola nas pesquisas é mais atual. Isso se reflete no número de publicações, onde o Brasil, Índia e Alemanha ainda têm muito a avançar e explorar nesse sentido.

Figura 4. Número de documentos científicos sobre utilização de aeronaves remotamente pilotadas na pulverização agrícola por país.

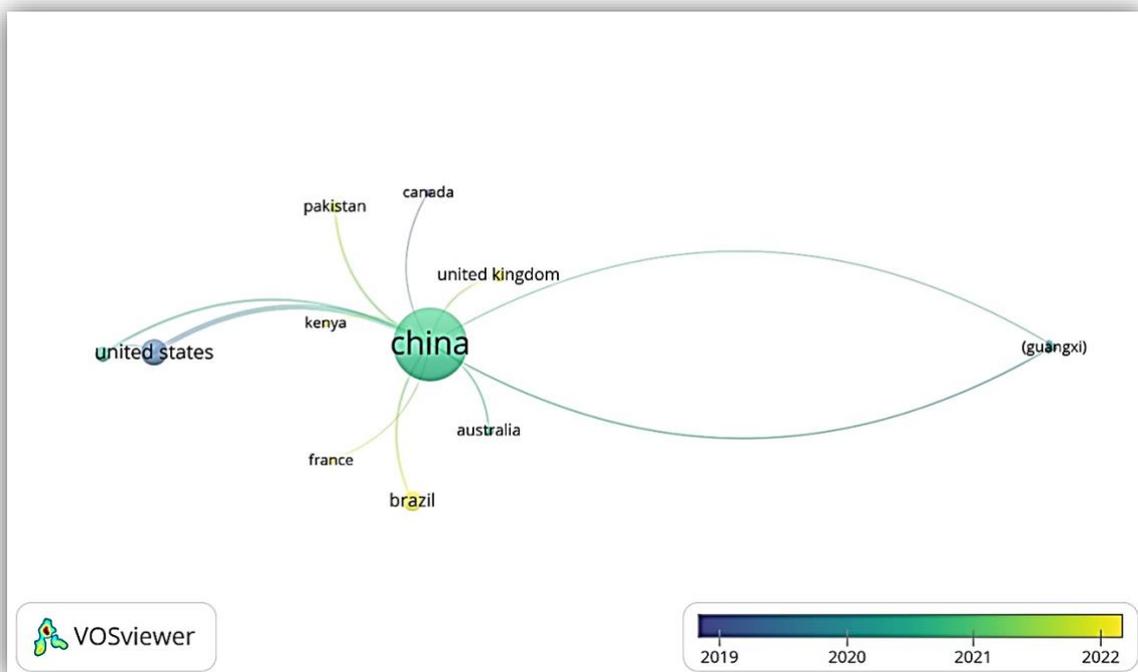


Fonte: Autores (2023) via Scopus.

3.3 Rede De Coautoria Entre Países

A Figura 5 apresenta um mapa temático produzido pelo programa *VOSviewer*, fornecendo uma análise da coautoria entre os países com base nas informações obtidas a partir das publicações selecionadas nesta pesquisa. Isso permitiu uma observação mais clara da colaboração entre países acerca da área temática do estudo.

Figura 5. Coautoria entre países acerca da temática.



Fonte: Autores (2023) via VOSviewer.

Diversos elementos compõem o mapa da Figura 5, incluindo linhas que representam as conexões entre os países. Quanto mais finas as linhas, mais fraca é a ligação, refletindo o nível de colaboração. Os pontos (esferas) representam os países, e quanto maiores são, maior é o seu peso. A distância entre os itens no mapa indica o grau do relacionamento entre os países.

Estabeleceu-se o número mínimo de documentos e citações como um. Assim, o país que mais se destaca pela sua rede de coautoria é a China, que possui relações de cooperação com todos os países na figura. Observa-se também que algumas colaborações com nações como o Brasil, França, Kenya, Paquistão e Reino Unido destacam-se por ser mais recentes. Isso mostra como o tema abordado nesta pesquisa ainda tem muito a ser explorado e como as colaborações recentes têm incentivado novas pesquisa e parcerias na busca de uma maior compreensão de como as ARPs trabalham em diferentes regiões e como as particularidades de cada local podem interferir na eficiência nas aplicações aéreas.

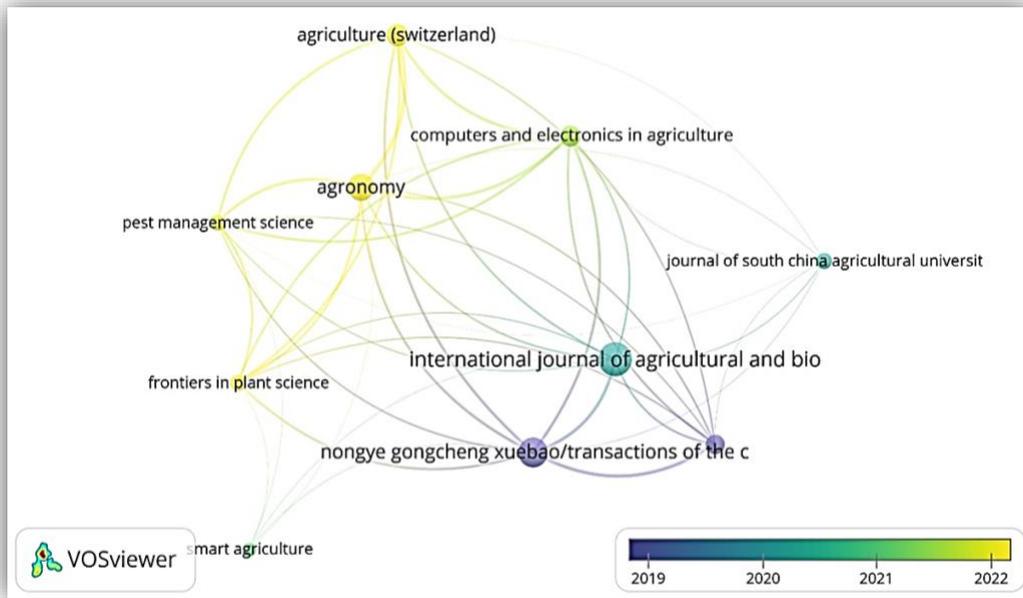
Dentro dos artigos selecionados, verificamos algumas dessas colaborações com a China, como evidenciado em trabalhos como o de Vitória et al. (2023), que destaca o estudo no Brasil sobre a eficiência nas aplicações de fungicidas por meio de aeronaves remotamente pilotadas e a eficácia do produto no controle de doenças fúngicas em cafeeiros de montanha. Ao passo que, Dou et al. (2022) realizou uma comparação entre dois métodos de pulverização na aplicação de produtos químicos para cobertura do algodoeiro na China, utilizando um VANT T30 e o método convencional por lança, avaliando os parâmetros de voo e o rendimento e qualidade da fibra.

3.4 Análise das Revistas que Mais Publicam Artigos na Área

Durante o período estudado, dez periódicos destacaram-se devido à quantidade de publicações e citações, sendo todas elas publicações recentes, como observado na Figura 6. As revistas “Nongye Gongcheng Xuebao Transactions Of The Chinese Society Of Agricultural Engineering” e “International Journal Of Agricultural And Biological Engineering” foram pioneiras nos estudos com aeronaves remotamente pilotadas em atividades de pulverização. Elas se destacam como as mais citadas em trabalhos acadêmicos e possuem o maior número de registros sobre o tema, contribuindo com 22% dos artigos selecionados nesta pesquisa. Ambas são de origem chinesa e tornaram-se referências para diversos outros trabalhos subsequentes.

No ano de (2022), as revistas “Agronomy” e “Agriculture Switzerland” apresentam um maior número de artigos sobre o assunto, com treze e oito artigos publicados nesse ano, respectivamente. Esse aumento demonstra um crescimento significativo no acervo científico da plataforma *Scopus*, revelando que as pesquisas na área vêm ganhando mais força e uma maior visibilidade no mundo acadêmico.

Figura 6. Revistas com no mínimo 5 publicações no período estudado (2013-2023).

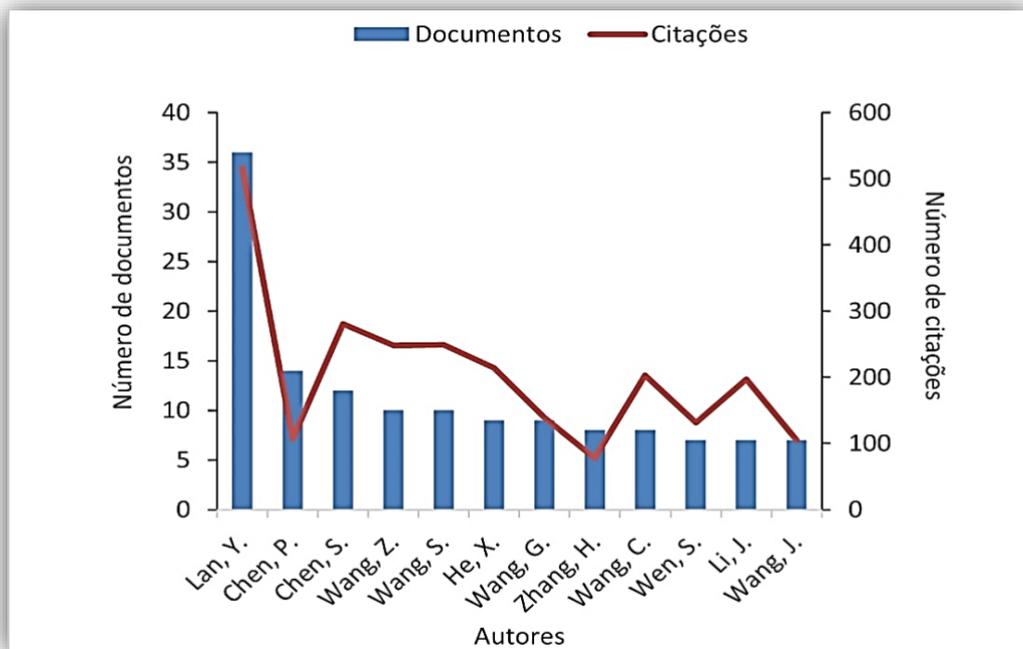


Fonte: Autores (2023) via VOSviewer.

3.5 Número de Documentos e Citações Entre Autores

Dentre os documentos selecionados nesta pesquisa, foi realizada uma análise dos doze autores que se destacaram no meio acadêmico pelas suas contribuições científicas no período (2013-2023), correlacionando a quantidade de citações e o número de publicações de cada autor. Todos esses autores, conforme evidenciado na Figura 7, apresentam a mesma nacionalidade, o que destaca mais uma vez como a China está na vanguarda das pesquisas e busca cada vez mais explorar o uso de ARP na pulverização aérea.

Figura 7. Número de documentos científicos sobre utilização de aeronaves remotamente pilotadas na pulverização agrícola, por autores e citações relacionadas.



Fonte: Autores (2023) via Scopus.

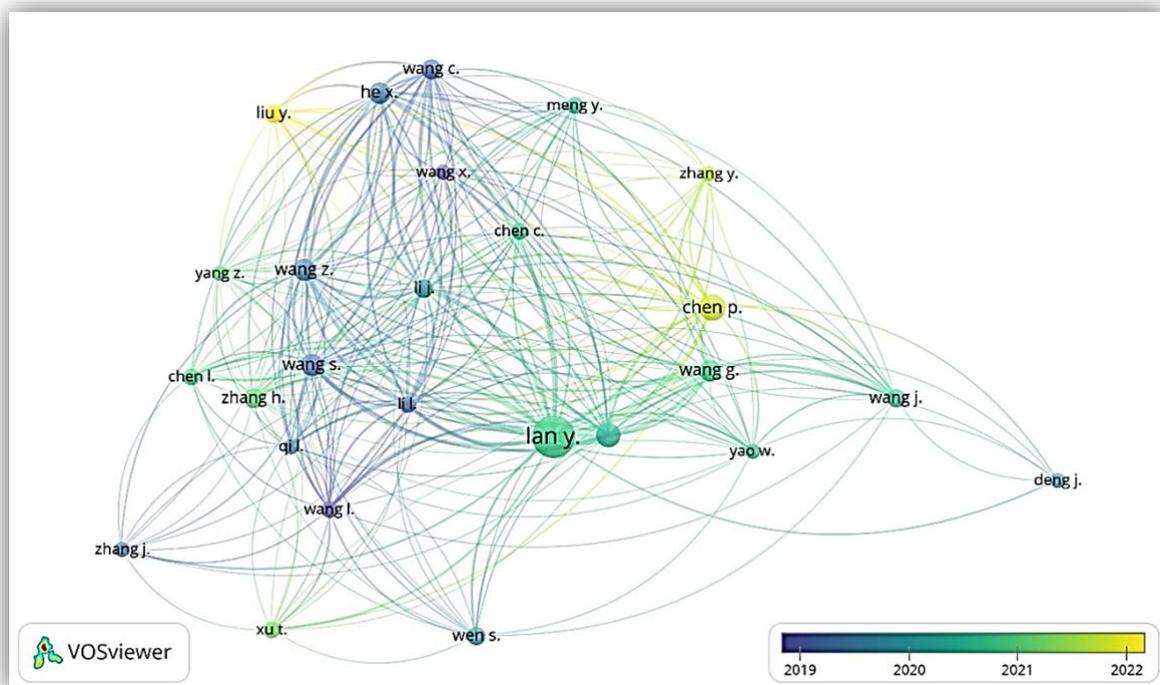
Vemos também que o trabalho realizado pelos estudiosos tem impulsionado novas pesquisas e gerado novas questões que necessitam de resoluções. Em 2014, a China já possuía 695 ARPs pulverizadores em operação na proteção de suas lavouras, cobrindo uma área de 0,28 milhão de hectares. Em 2020, esse número aumentou para 106.000 unidades com uma área de aplicação de 64 milhões de hectares (Zhang et al., 2021). Isso mostra como o país vem investindo no desenvolvimento técnico-científico de pulverização com ARP.

3.6 Rede de Citação Entre Autores

Para analisar a rede de conexões de citações entre autores, foi estabelecido o critério de no mínimo 5 artigos e 20 citações. O mapa gerado, apresentado na Figura 8, representa cada autor por uma cor correspondente ao período em que o documento foi publicado. Quanto mais linhas, maior é a quantidade de conexões em uma rede, indicando uma maior variação de citações nas pesquisas.

O autor Lan Yubin, possui o maior número artigos entre os selecionados na área de estudo e é o mais citado entre os outros autores, apresentando uma extensa rede de conexões, inclusive com outros países. Sua experiência e conhecimento sobre o tema têm sido uma referência para diversos outros autores. O segundo autor mais citado, Chen Shengde, está no mesmo agrupamento que o autor Lan Yubin, indicando uma forte relação entre as citações e um grau de importância elevado até 2021. Ambos os autores estão próximos na rede, sugerindo uma colaboração significativa e uma influência substancial nas pesquisas da área.

Figura 8. Rede de citações entre autores com pelo menos 5 artigos e 20 citações ao longo do período de estudo (2013-2023).



Fonte: Autores (2023) via VOSviewer.

4. CONCLUSÃO

A adoção crescente de aeronaves remotamente pilotadas nas atividades de pulverização agrícola tem impulsionado o desenvolvimento de pesquisas sobre seu uso na agricultura. Este estudo realizou uma análise bibliométrica de todos os artigos produzidos no período de 2013 a 2023 na base de dados *Scopus*, resultando em 153 documentos.

Durante o período estudado, China e EUA destacaram-se como os principais países produtores de artigos, contribuindo conjuntamente com 87% do material científico avaliado. A liderança da China nessas publicações ressalta a necessidade de avanços tecnológicos e pesquisas em outros países.

A análise bibliométrica revelou que a pesquisa e a produção de artigos tornaram-se mais visíveis e difundidas a partir de 2019, à medida que outros países também começaram a explorar essa tecnologia e conduzir estudos. O uso do *VOSviewer* como uma ferramenta de análise e visualização de redes bibliométricas permitiu observar que países em desenvolvimento, como Brasil e Paquistão, estabeleceram conexões e parcerias de pesquisa significativas com a China em 2022, impulsionando a publicação de artigos.

Este estudo contribui para a compreensão abrangente do panorama atual das pesquisas relacionadas à utilização de ARPs na pulverização agrícola, destacando a importância das colaborações internacionais e o papel fundamental de países em desenvolvimento nesse cenário em evolução.

REFERÊNCIAS

- Chen, P., Douzals, J. P., Lan, Y., Cotteux, E., Delpuech, X., Pouxviel, G., & Zhan, Y. (2022). Characteristics of unmanned aerial spraying systems and related spray drift: A review. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.870956>
- Dou, Z., Fang, Z., Han, X., Liu, Y., Duan, L., Zeeshan, M., & Arshad, M. (2022). Comparison of the Effects of Chemical Topping Agent Sprayed by a UAV and a Boom Sprayer on Cotton Growth. *Agronomy*, 12(7), 1625. <https://doi.org/10.3390/agronomy12071625>
- Garcia, D. C. F., Gattaz, C. C., & Gattaz, N. C. (2019). A Relevância do Título, do Resumo e de Palavras-chave para a Escrita de Artigos Científicos. *Revista de Administração Contemporânea*, 23(3), 1-9. <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2019190178>
- Hafeez, A., Husain, M. A., Singh, S. P., Chauhan, A., Khan, M. T., Kumar, N., Chauhan, A., & Soni, S. K. (2022). Implementation of drone technology for farm monitoring & pesticide spraying: A review. *Information Processing in Agriculture*. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2022.02.002>
- Hu, H., Kaizu, Y., Huang, J., Furuhashi, K., Zhang, H., Li, M., & Imou, K. (2022). Research on Methods Decreasing Pesticide Waste Based on Plant Protection Unmanned Aerial Vehicles: A Review. In *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.811256>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2022). Enhancing smart farming through the applications of Agriculture 4.0 technologies. *International Journal of Intelligent Networks*, 3, 150-164. <https://doi.org/10.1016/j.ijin.2022.09.004>
- Qiu, B., Wang, L., Cai, D., Wu, J., Ding, G., & Guan, X. (2013). Effects of flight altitude and speed of unmanned helicopter on spray deposition uniform. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 29(24), 25-32. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-6819.2013.24.004>
- Ribeiro, G. (2021). Mercado global de drones vai atingir US\$ 41,3 bilhões em 2026. *MundoGEO*. Recuperado de <https://mundogeo.com/2021/08/13/mercado-global-de-drones-vai-atingir-us-413-bilhoes-em-2026/>
- Rodrigues, C. & Godoy Viera, A. F. (2016). Estudos bibliométricos sobre a produção científica da temática Tecnologias de Informação e Comunicação em bibliotecas. *InCID: Revista de Ciência da Informação e Documentação*, 7(1), 167. <https://doi.org/10.11606/issn.2178-2075.v7i1p167-180>
- Silveira, F., da Silva, S. L. C., Machado, F. M., Barbedo, J. G. A., & Amaral, F. G. (2023). Farmers' perception of barriers that difficult the implementation of agriculture 4.0. *Agricultural Systems*, 208, 103656. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103656>
- Vitória, E. L. da, Krohling, C. A., Borges, F. R. P., Ribeiro, L. F. O., Ribeiro, M. E. A., Chen, P., Lan, Y., Wang, S., Moraes, H. M. F. e, & Furtado Júnior, M. R. (2023). Efficiency of Fungicide Application an Using an Unmanned Aerial Vehicle and Pneumatic Sprayer for Control of *Hemileia vastatrix* and *Cercospora coffeicola* in Mountain Coffee Crops. *Agronomy*, 13(2), 340. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020340>
- Xu, Y., Xue, X., Sun, Z., Gu, W., Cui, L., Jin, Y., & Lan, Y. (2022). Joint path planning and scheduling for vehicle-assisted multiple Unmanned Aerial Systems plant protection operation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 200. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107221>
- Zhang, Y., Huang, X., Lan, Y., Wang, L., Lu, X., Yan, K., Deng, J., & Zeng, W. (2021). Development and prospect of uav-based aerial electrostatic spray technology in China. *Em Applied Sciences (Switzerland)*, 11(9). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app11094071>