LUMEN ET VIRTUS
ISSN: 2177-2789

DO CAMPO AO VIRTUAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA UTILIZAÇÃO DO METAVERSO NA AGRICULTURA

FROM THE FIELD TO THE VIRTUAL: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE USE OF THE METAVERSE IN AGRICULTURE

DEL CAMPO A LO VIRTUAL: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DEL USO DEL METAVERSO EN LA AGRICULTURA

https://doi.org/10.56238/levv16n50-075

Data de submissão: 25/06/2025 **Data de publicação:** 25/07/2025

Douglas Pereira Silva
Doutorando em Agronegócios
Instituição: Ministério da Saúde e Universidade de Brasília
E-mail: dopsilog@gmail.com

Cristina Pinto de Sousa
Mestre em Ensino de Ciências e Saúde
Instituição: Secretaria de Educação do Goiás
E-mail: professoracrissousa@gmail.com

Eduardo Simão de Souza Vieira
Mestrando em Agronegócios
Instituição: Senado Federal e Universidade de Brasília
E-mail: eduardossvieira@gmail.com

Maria Thereza Macedo Pedroso
Doutora em Estudos Comparados Sobre as Américas
Instituição: Embrapa Hortaliças
E-mail: maria.pedroso@embrapa.br

Luiz Honorato da Silva Júnior
Doutor em Economia
Instituição: Universidade de Brasília
E-mail: luizhonorato@unb.br

Bernadete Lema Mazzafera
Doutora em Linguística
Instituição: Universidade Anhanguera de São Paulo (UNIAN)
E-mail: bernadete.mazzafera@kroton.com.br

RESUMO

O presente estudo tem como foco explorar as possibilidades da utilização do metaverso como ferramenta de auxílio e melhoria no contexto do agronegócio, considerando suas potencialidades, aplicações e desafios. A partir de uma análise baseada em produções encontradas nas bases Web of

Science (WOS) e Scopus, buscou-se compreender como essa tecnologia, em interação com recursos digitais como gêmeos digitais, blockchain, realidade virtual e aumentada, inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT) e redes avançadas 6G, pode contribuir para a modernização da gestão agrícola, fortalecendo práticas sustentáveis e a competitividade no setor. Os principais resultados destacam que o metaverso pode melhorar a produtividade agrícola por meio de simulações, monitoramento em tempo real e planejamento estratégico, além de reduzir impactos ambientais e custos operacionais. Os desafios como a necessidade de infraestrutura digital, capacitação profissional e superação de barreiras culturais e financeiras limitam sua ampla adoção. Este trabalho reforça a relevância do tema, considerando a escassez de estudos específicos sobre o uso do metaverso na agricultura, e sugere que futuras pesquisas empíricas aprofundem o conhecimento sobre sua implementação prática. Assim, o metaverso emerge como um elemento transformador e promissor para o futuro do agronegócio, alinhado às demandas por inovação e sustentabilidade.

Palavras-chave: Metaverso. Agronegócio. Sustentabilidade. Inovação Tecnológica. Agricultura 4.0.

ABSTRACT

The present study focuses on exploring the possibilities of using the metaverse as a tool to support and enhance the agribusiness contexto of agribusiness, considering its potential, applications, and challenges. Based on an analysis of publications found in the Web of Science (WOS) and Scopus databases, the research seeks to understand how this technology, in interaction with digital tools such as digital twins, blockchain, virtual and augmented reality, artificial intelligence, the Internet of Things (IoT), and advanced 6G networks, can contribute to the modernization of agricultural management, strengthening sustainable practices and increasing the sector's competitiveness. The main findings highlight that the metaverse can enhance agricultural productivity through simulations, real-time monitoring, and strategic planning, while also reducing environmental impacts and operational costs. However, challenges such as the need for digital infrastructure, professional training, and overcoming cultural and financial barriers limit its widespread adoption. This study reinforces the relevance of the topic, considering the scarcity of specific research on the use of the metaverse in agriculture, and suggests that future empirical studies deepen the understanding of its practical implementation. Thus, the metaverse emerges as a transformative and promising element for the future of agribusiness, aligned with the demands for innovation and sustainability.

Keywords: Metaverse. Agribusiness. Sustainability. Technological Innovation. Agriculture 4.0.

RESUMEN

Este estudio se centra en explorar las posibilidades de utilizar el metaverso como herramienta para ayudar y mejorar el contexto agroindustrial, considerando su potencial, aplicaciones y desafíos. A partir del análisis de producciones encontradas en las bases de datos Web of Science (WOS) y Scopus, buscamos comprender cómo esta tecnología, en interacción con recursos digitales como gemelos digitales, blockchain, realidad virtual y aumentada, inteligencia artificial, Internet de las cosas (IoT) y redes 6G avanzadas, puede contribuir a la modernización de la gestión agrícola, fortaleciendo las prácticas sustentables y la competitividad del sector. Los hallazgos clave destacan que el metaverso puede mejorar la productividad agrícola a través de simulaciones, monitoreo en tiempo real y planificación estratégica, al tiempo que reduce los impactos ambientales y los costos operativos. Desafíos como la necesidad de infraestructura digital, capacitación profesional y la superación de barreras culturales y financieras limitan su adopción generalizada. Este trabajo refuerza la relevancia del tema, considerando la escasez de estudios específicos sobre el uso del metaverso en la agricultura, y sugiere que futuras investigaciones empíricas profundicen el conocimiento sobre su implementación práctica. De esta forma, el metaverso surge como un elemento transformador y prometedor para el futuro del agronegocio, alineado con las demandas de innovación y sostenibilidad.

Palabras clave: Metaverso. Agronegocios. Sostenibilidad. Innovación Tecnológica. Agricultura 4.0.

1 INTRODUÇÃO

As rápidas mudanças no panorama global, impulsionadas pelo avanço das tecnologias e pela circulação intensa de informações, exigem novas estratégias para a gestão de processos e tomada de decisões. O constante avanço tecnológico tem provocado impactos profundos em diferentes segmentos da economia incluindo o agronegócio, esses impactos se traduzem em desafios e oportunidades para modernizar práticas e ampliar a eficiência do setor.

A produção agrícola no Brasil, especialmente de grãos, vem apresentando crescimento constante no cenário do agronegócio, acompanhado da ampliação do uso de recursos tecnológicos no setor agrícola. Essa transformação demanda que fornecedores, produtores e clientes se adaptem às novas inovações tecnológicas, que facilitam o gerenciamento e o controle da produção agrícola.

A inovação é um tema amplamente explorado em pesquisas científicas, especialmente em países como China, Índia, Estados Unidos, Arábia Saudita e o Brasil, que se destacam por investir em soluções tecnológicas para enfrentar os desafios impostos pela competitividade do mercado e pela crescente demanda por eficiência na produção de alimentos.

No entanto, a adoção de novas tecnologias no setor de produção agrícola, muitas vezes enfrenta resistência inicial e pode ser um processo demorado. Porém, uma vez aceitas e utilizadas de forma consistente, as tecnologias, tais como aquelas que já estão sendo utilizadas, como *drones*, sensores e *softwares*, oferecem oportunidades significativas como otimização de processos, aumento da produção, redução dos custos e maximização dos lucros dos produtores.

Nesse contexto tecnológico surge o termo "Metaverso" que é uma palavra que se originou da junção entre “metá” que vem do grego e significa (além de) e "verso" (além do "universo"), referindo-se ao novo universo virtual inovador digital construído além do mundo real. Esse conceito originou-se na ficção científica, no romance de Neal Stephenson de 1992, "*Snow Crash*".

> O metaverso refere-se a um mundo virtual compartilhado ou mundos que oferecem experiências interativas, imersivas e colaborativas por meio de tecnologia digital inovadora. Os usuários acessam um "metaverso" usando fones de ouvido e controladores ou luvas para interagir com uma variedade de jogos e mundos digitais. Também pode incluir um avatar criado pelo usuário para viajar dentro e entre diferentes mundos digitais. (Miner, Micah; 2025, p.1)

No contexto do agronegócio, o Metaverso representa plataformas virtuais compartilhadas que possibilitam experiências interativas e dinâmicas voltadas à simulação, planejamento e gestão das atividades agrícolas. Trata-se de uma evolução tridimensional e imersiva da internet, na qual os usuários interagem diretamente em ambientes digitais que reproduzem condições reais do campo, permitindo visualizações e rastreamento em tempo real, treinamentos técnicos, tomadas de decisão mais precisas e otimização de processos produtivos.

As principais características do Metaverso incluem imersão, conexão em tempo real, acessibilidade, persistência e a integração entre os mundos virtual e real. É uma junção de tecnologias de Realidade Virtual (RV), Realidade Aumentada (RA), Inteligência Artificial (IA), 5G, tecnologia de registros, simulações digitais e computação espacial. O Metaverso visa ser um ecossistema persistente, sempre ativo e em tempo real, superando as limitações geográficas.

> É um espaço compartilhado virtual coletivo criado pela convergência da realidade física e virtual, facilitado por computadores em rede. O Metaverso não é apenas uma entidade única, mas uma rede complexa de espaços e ecossistemas digitais interconectados. (WEBISOFT, 2023, p. 1)

Para que essa junção entre a realidade física e virtual aconteça, o metaverso é composto, entre outras tecnologias, a Realidade Virtual (RV), que oferece ao usuário a possibilidade de interagir com ambientes tridimensionais simulados, proporcionando experiências imersivas que podem ser exploradas em diversos contextos, incluindo no setor agropecuário. Segundo Tori (2010, p. 6), a (RV) pode ser compreendida como:

> Uma interface avançada de usuário que permite a navegação e a interação em tempo real com ambientes tridimensionais gerados por computador, os quais podem simular ou não ambientes reais, oferecendo ao usuário a sensação de imersão e presença nesse espaço virtual.

Essa capacidade de simulação e interação amplia significativamente as possibilidades no agronegócio, permitindo o acesso a experiências práticas e estratégicas antes limitadas por barreiras físicas, financeiras ou ambientais, facilitando a tomada de decisões mais assertivas e sustentáveis.

Assim como a (RV) a Realidade Aumentada (RA), é uma tecnologia que possibilita a inserção de elementos virtuais no ambiente físico em tempo real, promovendo a integração entre o mundo real e o digital no contexto do agronegócio.

Segundo Tori (2010), a (RA) consiste na sobreposição de objetos tridimensionais virtuais gerados por computador sobre imagens do ambiente real, captadas por câmeras ou dispositivos móveis, como *drones*, permitindo aos produtores e técnicos visualizarem simultaneamente informações virtuais e o cenário agrícola real de forma interativa.

Essa tecnologia amplia as percepções sensoriais e cognitivas dos profissionais do campo, favorecendo tomadas de decisão mais precisas e experiências práticas aprimoradas, especialmente em processos como monitoramento de plantações, manejo de culturas e treinamentos técnicos.

Além disso, temos a *Internet* das Coisas (IoT), que consiste na interconexão de dispositivos e sensores capazes de coletar, transmitir e processar dados em tempo real, possibilitando o monitoramento e a automação de processos. No agronegócio, essa tecnologia potencializa a gestão da

produção agrícola ao fornecer informações precisas sobre o solo, clima e máquinas, contribuindo para decisões mais eficientes e sustentáveis (MORAES; SILVA, 2021).

Ainda nesse contexto tecnológico, outra tecnologia importante a ser citada é a tecnologia *blockchain*, na qual pode ser integrada ao metaverso no agronegócio para garantir transparência, rastreabilidade e segurança nas transações virtuais. Com essa tecnologia, é possível registrar desde a origem de produtos até negociações em ambientes digitais, promovendo confiança nas cadeias de suprimento e comércio agrícola.

Segundo Kang *et al.* (2023), a aplicação de tecnologias emergentes como o *blockchain* no metaverso pode revolucionar o setor agroalimentar, oferecendo transparência e rastreabilidade em tempo real, principalmente no controle de origem dos produtos, na logística e nos contratos inteligentes (*smart contracts*).

O metaverso, é uma tecnologia emergente e apresenta um grande potencial para ser implementado em grandes corporações, incluindo o setor agropecuário, auxiliando em processos como gerenciamento, acompanhamento, planejamento e vendas (KANG *et al*., 2023). No entanto, essa tecnologia também pode beneficiar empresas de diferentes portes, desde que haja o investimento tecnológico necessário para sua utilização.

A inovação representada pelo metaverso é um tema promissor e pouco explorado, especialmente no agronegócio, com poucas publicações que investigam o uso dessa tecnologia nesse contexto. Estudos como o de Kang *et al*. (2023), mencionam o conceito de "*Agriverse*", destacando as oportunidades de integração do metaverso com diferentes disciplinas do conhecimento. Esse cenário abre espaço para pesquisas relevantes que possam preencher as lacunas existentes e ampliar o uso dessa ferramenta em diferentes áreas.

A presente pesquisa propõe-se a investigar a lacuna de como o metaverso pode ser utilizado no agronegócio. A problemática central é: Como o metaverso pode contribuir para o agronegócio como uma ferramenta inovadora no agronegócio?

O objetivo geral do estudo é explorar as possibilidades de uso do metaverso como uma ferramenta inovadora para o agronegócio. Os objetivos específicos incluem: (l) definir o conceito de metaverso e sua aplicação como inovação tecnológica no agronegócio; (ll) identificar e apresentar as principais tecnologias relacionadas ao metaverso que podem ser aplicadas à agricultura; e (lll) analisar os benefícios do metaverso para a gestão agrícola.

Este trabalho está dividido em 06 tópicos para subsidiar a revisão sistemática: Introdução; Metodologia, que fundamenta e descreve o caminho percorrido para a realização da pesquisa, conforme o protocolo de Cronin *et al*. (2008); Referencial Teórico (com subtópicos: *Agriverse,* que apresenta seu conceito e sua utilização; Plantando Inovação, que mostra a evolução da tecnologia no agronegócio; e Mundo Virtual Agrícola, que demostra a utilização das novas tecnologias); Análise de

Resultados, que confirmam as citações e apontam descobertas na pesquisa; e Conclusão, que finaliza o trabalho ressaltando a importância do tema, limitações e possíveis lacunas para outras pesquisas.

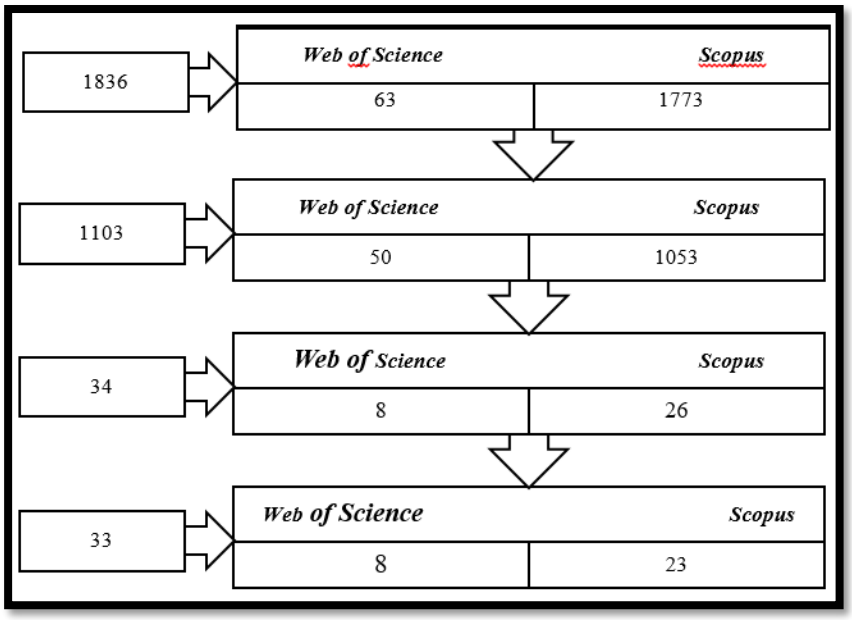
2 METODOLOGIA

Esta pesquisa adotou a metodologia da revisão sistemática de literatura para investigar o potencial do Metaverso no Agronegócio, seguindo o protocolo proposto por Cronin *et al*. (2008). A coleta de dados foi realizada nas bases de dados *Scopus e Web of Science* (WOS) no dia 15/01/2025, sendo encontrados pelas palavras chaves "*metaverse*" AND "*agriculture*" ao todo 1.836 artigos, consideradas referências importantes para pesquisas científicas.

Foram aplicados filtros para selecionar apenas artigos e revisões publicados entre 2020 e 2025, garantindo assim a atualidade dos trabalhos analisados. As palavras-chave utilizadas foram "*metaverse*" *AND "agriculture*", permitindo identificar estudos relevantes que relacionam o metaverso ao setor agrícola, ao todo 1.103 artigos publicados.

A base *Scopus* forneceu o maior quantitativo de publicações vinculadas às palavras-chave, enquanto a *WOS* ofereceu resultados mais direcionados e específicos para o tema. Essa combinação possibilitou um panorama abrangente e qualificado para a revisão.

Figura 1: Fases dos filtros dos artigos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Após esses filtros, os resumos foram lidos e os artigos que tinham mais aderência a essa pesquisa foram selecionados. Foram analisadas também a introdução e as discussões. Ao final foram selecionados 34 artigos, sendo encontrado um duplicado (apresentados nas duas bases de dados), totalizando 33 trabalhos finais analisados, conforme representado na Figura 1.

Para a análise dos artigos, realizou-se uma seleção final para os trabalhos, sendo criado um quadro (constante do tópico anterior) com as principais tecnologias vinculadas a utilização do metaverso e os benefícios do metaverso para gestão, retirados dos artigos finais selecionados.

Foi realizada também uma análise dos países que mais pesquisam sobre o tema do metaverso na agricultura, utilizando o software *VOSviewer* para apresentar os resultados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 AGRIVERSE

Na atualidade, o metaverso pode ser utilizado em diversos segmentos, oferecendo um campo amplo de pesquisas e melhorias para os processos empresariais. Essa tecnologia contribui para aumentar a sustentabilidade das atividades econômicas e a qualidade da gestão em diferentes áreas (SHARDEO *et al*., 2024).

A utilização do metaverso na agricultura foi apresentado nos estudos de Kang *et. al.*(2023), com destaque para o controle ambiental em estufas, permitindo o monitoramento em tempo real da temperatura, umidade e ventilação. Além disso, o metaverso possibilita a busca por produtores e fornecedores, identificando ofertas e demandas do mercado.

Na agricultura, o metaverso pode abrir caminho para novas descobertas e interações entre produtores e consumidores. Em seu estudo de Kang *et. al* (2023), ressalta que o cultivo em estufas, especialmente em ambientes complexos no que se refere a espaço e tempo, pode ser facilitado pelo metaverso, que oferece suporte em treinamentos, no monitoramento do crescimento das plantas e no manejo de pragas.

O metaverso demonstra grande potencial na gestão agrícola, ao auxiliar no gerenciamento dos estabelecimentos rurais, oferecendo ferramentas para o monitoramento da qualidade do solo por meio de dados e possibilitando simulações de diferentes cenários produtivos.

Tais simulações podem contribuir para a redefinição de processos, a adaptação de estratégias e a revisão de projetos iniciais, promovendo o aumento da sustentabilidade e a redução das emissões de dióxido de carbono (CO_2), especialmente no transporte de insumos e produtos (SARKAR *et al*., 2024).

3.2 PLANTANDO INOVAÇÃO

A utilização do metaverso na agricultura também é atrelada a outras inovações e *softwares* conforme apontado no Quadro 1, como gêmeos digitais, *Internet* das Coisas (IoT) e *blockchain* (HAJIAN, et al., 2024; BÜYÜKAKIN, SOYLU, 2023; KANG *et al*., 2023).

Verifica-se, portanto, que esse conjunto de tecnologias de inteligência artificial, *internet* das coisas, realidade virtual, realidade aumentada e *blockchain,* forma um ecossistema dentro do

metaverso, o qual vem se consolidando no setor agropecuário ao oferecer novas possibilidades de experimentação, gestão e capacitação em ambientes agrícolas (SARKAR *et al*., 2024).

Dessa forma, o mundo virtual pode ser integrado à agricultura, que está inserida no contexto físico, contribuindo para treinamentos, aprimoramento da gestão nos estabelecimentos agropecuários e sistematização de dados voltados à agricultura de precisão, como no controle da irrigação. Essas ações podem ser monitoradas em tempo real, favorecendo uma tomada de decisão mais eficiente e assertiva (KRISHNAN *et al*., 2024).

No entanto, para se adaptarem ao *Agriverse,* os produtores precisam transformar sua concepção sobre a gestão das atividades agrícolas. Além disso, seus estabelecimentos devem passar por mudanças estruturais e financeiras, uma vez que a implementação dessas tecnologias demanda investimentos em capacitação e compreensão dos recursos.

3.3 MUNDO VIRTUAL AGRÍCOLA

Mudanças relativamente recentes na mentalidade de uma parcela significativa dos agricultores brasileiros têm impulsionado investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) no setor agrícola. Essa transformação está diretamente associada à busca por maior eficiência, sustentabilidade e inovação tecnológica nas atividades agropecuárias.

De acordo com Vieira Filho e Silveira (2016), os investimentos em P&D foram determinantes para o progresso técnico do setor, contribuindo para o aumento do valor agregado da produção e para o desenvolvimento econômico de diversas regiões agroexportadoras do país.

Essa evolução evidencia um cenário promissor para a adoção de novas tecnologias, como o *Agriverse,* à medida que o campo se abre cada vez mais às inovações digitais.

Os investimentos no Brasil para tecnologia foram mapeados Kalaitzandonakes *et al*. (2018), que apresentaram dados históricos do investimento privado na agricultura, chegando, até 2012, em um valor de US$ 394 milhões em P&D.

A pesquisa de Dwivedi *et al*. (2022), reuniu pesquisadores que apresentam pontos de gestão de transporte e armazéns que inovam os setores. Nos armazéns, destaca-se o uso da realidade aumentada para simular espaços, auxiliando na construção e na definição estratégica da localização dessas estruturas, assim como obter o *layou*t ideal para o espaço a ser construído, o que gera otimização do processo e redução dos custos.

Os investimentos estratégicos em inovação e tecnologia têm alcançado também as áreas de gestão no setor agropecuário, promovendo maior eficiência e sustentabilidade no campo, contribuindo significativamente para o aumento da sustentabilidade das atividades agrícolas. Essa atualização ocorre por meio de ferramentas voltadas ao controle e monitoramento da produção, especialmente aquelas que consideram o impacto ambiental das práticas adotadas.

Como destacou Wang *et al.* (2022), o uso de experimentos em cenários virtuais de plantio permite simular diferentes situações e prever consequências ambientais, otimizando os processos produtivos e auxiliando na tomada de decisões mais conscientes e sustentáveis.

Assim o metaverso pode contribuir diretamente para a redução da emissão de CO_2, ao otimizar processos logísticos e de transporte no setor agrícola. Essa tecnologia possibilita a implementação de práticas sustentáveis, como o estímulo ao trabalho limpo e eficiente, além de atuar na minimização de resíduos e desperdícios ao longo da cadeia produtiva.

Conforme apontado por Sarkar *et al.* (2024), o uso do metaverso nesse contexto representa uma estratégia promissora para alinhar a inovação tecnológica às exigências ambientais cada vez mais urgentes.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Os artigos analisados refletem uma crescente demanda por pesquisas que abordem o metaverso na agricultura. Estudos como os de Kang *et al*. (2023), Sarkar *et al*. e Guarda (2024), destacam que as possibilidades de melhorias no setor agrícola por meio dessas tecnologias são incalculáveis.

No entanto, os autores também apontam a necessidade urgente de incluir a inovação de forma estruturada e acessível no contexto agropecuário. O ecossistema em que o metaverso está inserido, possui vínculos em cada inovação tecnológica, proporcionando ruptura com os modelos tradicionais de produção. As tecnologias mais citadas, como 6G, Gêmeos Digitais, *Citespace*, *Blockchain* e *Internet* das Coisas (IoT), serão detalhadas nesse tópico, no qual apresenta uma análise dos artigos que discutem especificamente esses avanços tecnológicos no agronegócio.

Quadro 2: Tecnologias citadas nos artigos da pesquisa.

AUTHOR	***YEAR***	***TITLE***	**TECNOLOGIA VINCULADAS A UTILIZAÇÃO DO METAVERSO**
Kaur, H.; Bhatia, M.	2025	*Digital twins: A scientometric investigation into current progress and future directions*	Gêmeos Digitais, *Citespace* e Indústria 4.0.
Sharma, R.; Sundarakani, B.; Manikas, E.	2025	*Integration of industry 4.0 technologies for agri-food supply chain resilience*	*Big Data Analytics, IoT* e Computação em nuvens.
Rathee, G.; Saini, H.; Chakkravarthy, S.; Maheswar, R.	2025	*An Intelligent and Trust-Enabled Farming Systems With Blockchain and Digital Twins on Mobile Edge Computing*	*Blockchain* e Gêmeos digitais.
Naudé, D. H.; Hugo, L.; Jordaan, H.; Lombard, Washington	2024	*Extended Reality in Agricultural Education: A Framework for Implementation*	*XR*, Agricultura 4.0 e XR-*AgriEdu Framework*
Jin, S. V., Ryu, E.	2025	*Unraveling the dynamics of digital equality and trust in AI-empowered metaverses and AI-VR-convergence*	Metaverso fortalecido por *IA*, Convergência *AI-VR* e *blockchain*.
Singh, G.; Roy, S. K.; Apostolidis, C.; Quaddus, M.; Sadeque, S.	2025	*Identifying the metaverse value recipe (s) affecting customer engagement and well-being in retailing*	Metodologias para identificar fatores críticos que podem utilizar o metaverso
Jobe, P.; S,Yilmaz, M.; Ilgın, Ele	2024	*A roadmap for a Metaverse-based digital governance: A case of the Gambia*	Infraestrutura Digital e Alfabetização Digital.

El Hajji, M.; Es-saady, Y.; Ait Addi, M.; Antari, J.	2024	*Optimization of agrifood supply chains using Hyperledger Fabric blockchain technology*	*Blockchain, Hyperledger Fabric, Plataforma web* com *QR Codes* para rastreamento em tempo real e Ferramenta *Caliper* para medição de desempenho (t*hroughput* e latência de rede).
Sze, L. B.;Salo, J.; Tan, T. M.	2024	*Sustainable innovation in the metaverse: Blockchain's role in new business models*	Metaverso baseado em *blockchain, Blockchain*, Ambiente virtual síncrono persistente, Redes interoperáveis, Estrutura digital híbrida e descentralizada.
Ecer, F.; Yaran Ögel, İ.; Dinçer, H.; Yüksel, S.	2024	*Assessment of Metaverse wearable technologies for smart livestock farming through a neuro quantum spherical fuzzy decision-making model*	Metaverso e Dispositivos vestíveis (coleiras inteligentes para gado - *WSCs*).
Alsamhi, S. H.; Hawbani, A.; Sahal, R.; ...Guizani, M.; Curry, E.	2024	*Towards sustainable industry 4.0: A survey on greening IoE in 6G networks*	*Blockchain,* Gêmeos Digitais, Drones (UAVs), *Machine Learning (ML)* e Redes 6G.
Lee, L.-H.; Braud, T.; Zhou, P. Y;Bermejo, C.; Hui, P.	2024	*All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda*	*XR*, *AI, Blockchain*, Visão Computacional, *IoT*, Computação de Borda e Nuvem, Redes 5G e Futuras.
Sarkar, B. D.; Shardeo, V.; Mir, U. B.; Negi, H	2024	*Harvesting success: Metaverse adoption in agriculture sector as a sustainable business strategy*	*VR/AR*, *AI*, *Blockchain* e Plataformas Digitais.
Tirlangi, S.; Babu, BH,Meenakshi, S.; ...Manikandan, R.; Dhanraj, JA	2024	*Smart farming in 6G navigating security challenges for agricultural innovations*	Redes 6G*, IoT* e Segurança Cibernética.
Xu, J.; Li, E.; Zhang, M.; Zhang, S.	2024	*Sustainable agriculture in the digital era: Past, present, and future trends by bibliometric analysis*	Digitalização, Inteligência Digital, Análise Geoespacial.
Zheng, X.; Keoy, K. H.; Lim, A. F.	2024	*Unlocking the Potential of Metaverse Integration in Supply Chains: A Literature Review*	*Blockchain*, Gêmeos Digitais, *VR/AR*, *AI*, Simulação e Modelagem.
Hasan, R. H.; Madine, M.; Musamih, A; Yaqoob, E.; Omar, M.	2024	*Non-fungible tokens (NFTs) for digital twins in the industrial metaverse: Overview, use cases, and open challenges*	*Tokens* Não Fungíveis (*NFTs*), Gêmeos Digitais, Simulação e Algoritmos Avançados, *AI* e Processamento de Dados.
Tan, M.; Meng, S.; Lu, M.; Gu, X.; Liang, D.	2024	*An Immersive Course Training System Based on NFT and Metaverse*	*VR*, Gamificação, *NFTs* e Metaverso Educacional.
Kumar, A.	2024	*The role of simulation and modeling in artificial intelligence: A review*	Simulação e Modelagem e *AI*.
Chen, Z.; Gan, W.; Sol, J.; Wu, J.; Sim, PS	2024	*Open Metaverse: Issues, Evolution, and Future*	*IoT,* Computação em Nuvem e de Borda, *Blockchain* e Mundos Virtuais Imersivos.
El Jaouhari, A.; Arif, J.; Jawab, F.; Samadhiya, A.; Kumar, A.	2024	*Unfolding the role of metaverse in agri-food supply chain security: current scenario and future perspectives*	Mundos Virtuais Imersivos, *AR*, *AI* e *IoT*.
Nguyen, A.; Francisco, M.; Windfeld, E.; Lhermie, G.; Kim, K.	2024	*Developing an immersive virtual farm simulation for engaging and effective public education about the dairy industry*	*VR*, Simulação Imersiva e *Feedback* do Usuário.
Saleem, M. F.; Raza, A.; Sabir, R. M.; ...Al Ansari, M. S.; Hussain, S.	2024	*Applications of sensors in precision agriculture for a sustainable future*	Sensores de Solo, Clima e Colheita, *Drones*, Agricultura de Precisão e *AI*.
Guarda, T.	2024	*Metaverse and Agriculture Sustainability*	Sensores de *IoT*, *AI* e Aprendizado de Máquina, *VR/AR* e *Blockchain*.
Almessabi, H.; Al-kfairy, M.	2024	*Unlocking the Future of Farming: A Review of Metaverse Integration in Agriculture*	Metaverso Imersivo, Simulação de Cenários Climáticos, VR e *Blockchain*.

Aradhya, S.; Navya, V.	2024	*Unlocking the Future of Farming: A Review of Metaverse Integration in Agriculture*	Plataforma de *VR*, Simulações Interativas e Digitalização de Mercados Agrícolas.

Fonte: Elaborado pelo autor, na base de pesquisa no WoS e *Scorpus*, 2025.

A análise realizada nesta pesquisa focou na identificação dos *softwares* e das inovações tecnológicas vinculadas com metaverso para proporcionar meios de acesso à melhoria e otimização dos processos no mundo virtual.

Os gêmeos digitais são exemplos de réplicas digitais de ativos tangíveis e seus processos associados, permitindo integração e otimização em diversos setores, principalmente para simulações no agronegócio (HASAN *et al*.; ZHENG *et al*.; ALSAMHI *et al*., 2024; RATHEE *et al*.; KAUR, BHATIA, 2025).

Para garantir a rastreabilidade e a segurança no mundo virtual do metaverso o *blockchain* é uma base tecnológica que se integra ao metaverso, criando confiança na plataforma com produtos certificados, sendo a tecnologia mais citadas nas pesquisas (RATHEE *et al*.; JIN, RYU, 2025; EL HAJJI *et al*.; SZE *et al*.; ALSAMHI, *et al*.; LEE *et al*.; SARKAR *et al*.; ZHENG *et al*.; CHEN *et al*.; GUARDA; ALMESSABI, AL-KFAIRY, 2024).

As pesquisas relatam experiências imersivas dentro do campo virtual com a realidade aumentada, estendida e virtual, que proporcionam um vínculo de ações reais para análises e controles do solo e cultivo de plantas, conforme Lee *et al*.; Naudé *et al*., (2024). Para melhoria nos processos tecnológicos a Inteligência artificial age como um dos motores principais para o andamento do metaverso (JIN, RYU, 2025; LEE *et al*.; ZHENG *et al*.; SALEEM *et al*., 2024).

As pesquisas de Alsamhi *et al*.; Tirlangi *et al* (2024), citam que a utilização das Redes 6G ofertará maior celeridade dos processos de análise, garantindo estabilidade e recebimentos dos dados sensoriais em tempo real para tomada de decisão.

Nesse contexto outra pesquisa afirma que a simulação de cenários climáticos, por meio de tecnologias imersivas e preditivas, pode desempenhar um papel fundamental na gestão estratégica das atividades agrícolas, contribuindo significativamente para a tomada de decisão mais assertiva.

Ao prever variações climáticas e possibilitar a antecipação de riscos, essas ferramentas oferecem subsídios importantes para ações rápidas e eficazes, reduzindo perdas e promovendo uma produção mais eficiente.

Essa capacidade de resposta imediata proporciona aos produtores uma nova mentalidade voltada à sustentabilidade, estimulando o uso consciente dos recursos naturais, o combate ao desperdício e a implementação de práticas agrícolas que respeitam os ciclos ambientais e o equilíbrio dos ecossistemas (SALEEM *et al*., 2024).

Os *drones* são equipamentos tecnológicos cada vez mais utilizados no setor agrícola, podem ser melhorados e adaptados para coletas de dados e otimização dos recursos agrícolas (ALSAMHI *et*

al., 2024). Assim como os *drones*, o *display 3D* também tem destaque pois são muito utilizados para uma visão tridimensional no metaverso (LEE *et al*., 2024).

O trabalho de Hasan *et al*. (2024) aponta para o uso de *Tokens* com a finalidade de autenticar e proteger os produtos agrícolas com certificados e oportunidade de monetização, sendo muito utilizados nos processamentos de dados.

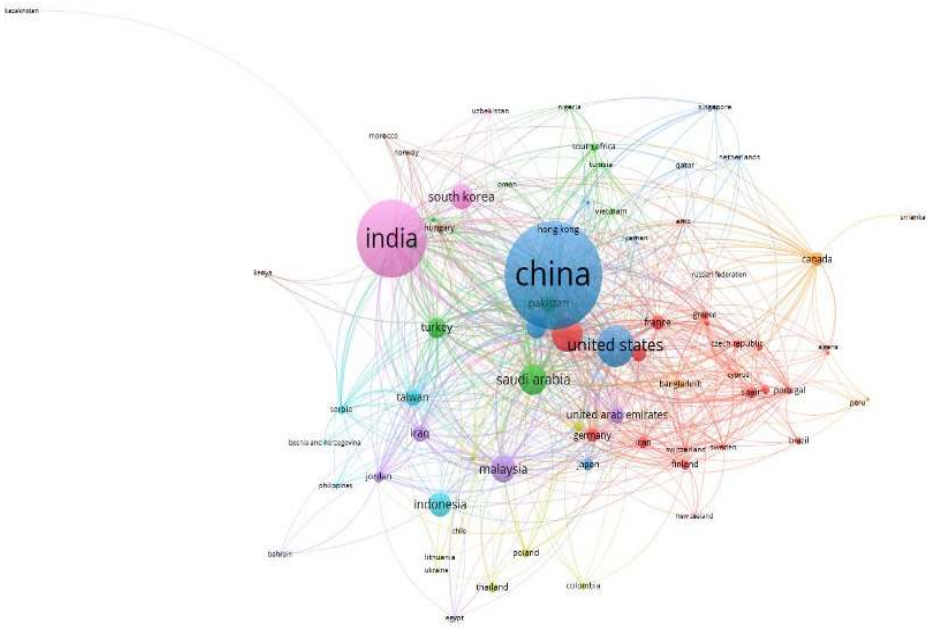
Por fim, a *IoT* alavanca a inovação na troca de conhecimento da ciência no mundo do metaverso, cabendo destacar que já se utiliza equipamentos com essa tecnologia na cadeia de suprimentos agroalimentares (SHARMA *et al*., 2025).

Os benefícios encontrados nas pesquisas são consideráveis, potencializando a inovação no setor agrícola; proporcionando e contribuindo para tornar a atividade agrícola mais sustentável viabilizando a prática de realização de simulações, reduzindo erros e otimizando os processos de planejamento em diversas cadeias agrícolas; ampliando o acesso aos canais de comercialização; e oferecendo suporte à monetização (ZHENG *et al*.; EL JAOUHARI *et al*.; SZE *et al*.; SAKAR *et al*., 2024).

A principal limitação deste trabalho consiste na escassez de estudos que abordem diretamente a aplicação do metaverso no setor agrícola. Embora seja uma tecnologia promissora, sua adoção ainda é incipiente, devido à complexidade de sua implementação e à necessidade de infraestrutura, capacitação técnica e conectividade adequada no meio rural.

Para entender como as pesquisas estão sendo absorvidas no mundo, foi realizada uma análise dos países que mais se destaca na publicação de artigos relacionados a essa temática, no qual foi constatado que a China ficou em primeiro lugar, seguidos da Índia e Estados Unidos. Para tanto, utilizou-se o *Software VOS viewer* para gerar a representação gráfica constante da Figura 2.

Figura 2: Países que mais pesquisam sobre metaverso na agricultura



Fonte: *VOSviewer* com informações das bases de dados *Scopus* e *Web of Science.*

Ao analisar a figura acima, podemos observar que além da China, Índia, Estados Unidos podemos destacar a Arábia Saudita no rank de inovação em pesquisa, oferecendo à comunidade acadêmica um maior número de pesquisas sobre o tema, porém, a continuidade e resolução das lacunas sobre o tema ainda são grandes.

5 CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo revisar a literatura científica sobre o potencial do metaverso como uma ferramenta transformadora no agronegócio. A análise sistemática da literatura evidenciou que o ambiente virtual do metaverso e as tecnologias emergentes, como gêmeos digitais, *blockchain*, realidade virtual e aumentada, e redes de comunicação avançadas, podem ser integradas no âmbito agrícola para otimizar a sua gestão e assim promover a sustentabilidade e aprimorar a competitividade do setor.

Os benefícios do metaverso no agronegócio incluem a redução de emissões de carbono, a otimização de processos produtivos, o aumento da eficiência no uso de recursos e a melhoria na rastreabilidade e na tomada de decisões baseadas em dados.

Entretanto, identifica-se que a implementação do metaverso no agronegócio enfrenta desafios significativos, como a necessidade de maiores investimentos em infraestrutura tecnológica e na capacitação dos profissionais do setor. Além disso, é fundamental ressaltar que há a necessidade de superar barreiras culturais e financeiras que dificultam a utilização dessa inovação.

Apesar da escassez de estudos específicos que relacionem diretamente o agronegócio ao metaverso, observa-se um crescente interesse por parte de pesquisadores e investidores, motivado pelo potencial transformador dessa tecnologia para impulsionar inovações disruptivas no futuro do setor agropecuário.

Conclui-se com a expectativa de que este estudo traga subsídios relevantes para ampliar o debate sobre o uso do metaverso no setor agrícola, abrindo caminhos para novas investigações que abordem sua utilização, fortalecendo a noção de sua importância para o agronegócio.

REFERÊNCIAS

ALMESSABI, H., & AL-KFAIRY, M. Unlocking the Future of Farming: A Review of Metaverse Integration in Agriculture. **IEEE Engineering Management Review**, 2024.

ALSAMHI, S. H.; HAWBANI, A.; SAHAL, R.; SRIVASTAVA, S.; KUMAR, S.; ZHAO, L.; ... CURRY, E. Towards sustainable industry 4.0: A survey on greening IoE in 6G networks. **Ad Hoc Networks**, v. 165, p. 103610, 2024.

BÜYÜKAKIN, F; SOYLU, Ö. B. Metaverse: transformation and future of agriculture. In Metaverse: **Technologies, Opportunities and Threats** (pp. 333-355). Singapore: Springer Nature Singapore, 2023.

CHEN, Z.; GAN, W.; SUN, J.; WU, J.; YU, P. S. Open metaverse: Issues, evolution, and future. In: **Companion Proceedings of the ACM on Web Conference 2024**. 2024. p. 1351-1360.

CRONIN, P.; RYAN, F.; COUGHLAN, M. Undertaking a literature review: a step-by-step approach. **British journal of nursing**, v. 17, n. 1, p. 38-43, 2008.

DA SILVA JÚNIOR, J. J., DA SILVEIRA, J. M. J., DE OLIVEIRA, A. L. R., PEREIRA, C. N., DA SILVEIRA BUENO, C., & PRAY, C. E. Investimentos em pesquisa e desenvolvimento agrícola: transformações recentes no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 18, n. 1, p. 89-120, 2019.

DWIVEDI, Y. K.; HUGHES, L.; BAABDULLAH, A. M.; RIBEIRO-NAVARRETE, S.; GIANNAKIS, M.; AL-DEBEI, M. M.; ... WAMBA, S. F. Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. **International journal of information management**, v. 66, p. 102542, 2022.

EL HAJJI, M.; ES-SAADY, Y.; ADDI, M. A.; ANTARI, J. Optimization of agrifood supply chains using Hyperledger Fabric blockchain technology. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 227, p. 109503, 2024.

EL JAOUHARI, A.; ARIF, J.; JAWAB, F., SAMADHIYA, A.; & KUMAR, A. Unfolding the role of metaverse in agri-food supply chain security: current scenario and future perspectives. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 59, n. 5, p. 3451-3460, 2024.

GUARDA, T. Metaverse and Agriculture Sustainability. In: International Conference on Computational Science and Its Applications. **Cham: Springer Nature Switzerland**, 2024. p. 324-333.

HAJIAN, A; DANESHGAR, S; SADEGHI, K; OJHA, D; KATIYAR, G. From theory to practice: Empirical perspectives on the metaverse's potential. **Technological Forecasting and Social Change**, 201, 123224, 2024.

HASAN, H. R.; MADINE, M.; MUSAMIH, A.; JAYARAMAN, R.; SALAH, K.; YAQOOB, I.; OMAR, M. Non-fungible tokens (NFTs) for digital twins in the industrial metaverse: Overview, use cases, and open challenges. **Computers & Industrial Engineering**, p. 110315, 2024.

HASAN, H. R.; MADINE, M.; MUSAMIH, A.; JAYARAMAN, R.; SALAH, K.; YAQOOB, I.; OMAR, M. Non-fungible tokens (NFTs) for digital twins in the industrial metaverse: Overview, use cases, and open challenges. **Computers & Industrial Engineering**, p. 110315, 2024.

JIN, S. V.; RYU, E. Ehri. Unraveling the dynamics of digital equality and trust in AI-empowered metaverses and AI-VR-convergence. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 210, p. 123877, 2025.

KALAITZANDONAKES, N.; CARAYANNIS, E.G.; GRIOROUDIS, E.; ROZAKIS, S. **From agriscience to agribusiness**. Springer International Publishing: Switzerland, 2018.

KANG, M; WANG, X; WANG, H; HUA, J; DE REFFYE, P; WANG, F. Y. The development of AgriVerse: Past, present, and future. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems**, 53(6), 3718-3727, 2023.

KAUR, H.; BHATIA, M. Digital twins: A scientometric investigation into current progress and future directions. **Expert Systems with Applications**, p. 125917, 2024.

KRISHNAN, S; AJIKUMAR, S. A; SHAFI, A. R; KRISHNAN, P; JOSÉ, A. Metaverse in Agriculture: Transforming Future. **Irjaem,** v. 3, n.1, 3636-3640, 2024.

LEE, L. H.; BRAUD, T.; ZHOU, P. Y.; WANG, L.; XU, D.; LIN, Z.; ...; HUI, P. All one needs to know about metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda. **Foundations and trends® in human-computer interaction**, v. 18, n. 2–3, p. 100-337, 2024.

LIN, C.; CHEN, J.; & ZHU, H. A method for compensating prediction errors to improve the orbit prediction accuracy of Starlink satellites. **GPS Solutions**, 29(1), 17, 2025.

MINER, Micah. The Metaverse: An immersive digital universe. **Journal of Virtual Worlds**, v. 10, n. 1, p. 1-15, 2025.

MORAES, João; SILVA, Maria. Aplicações da Internet das Coisas no agronegócio: avanços e desafios. **Revista Brasileira de Tecnologia Rural**, v. 10, n. 2, p. 45-53, 2021.

NAUDÉ, D. H., BOTHA, B. S., HUGO, L., JORDAAN, H., & LOMBARD, W. A. A Framework for Implementation. **Education Sciences**, v. 14, n. 12, p. 1309, 2024.

RATHEE, G.; SAINI, H.; CHAKKRAVARTHY, S. P.; MAHESWAR, R. An Intelligent and Trust-Enabled Farming Systems With Blockchain and Digital Twins on Mobile Edge Computing. **International Journal of Network Management**, p. e 2299, 2024.

SALEEM, M. F.; RAZA, A.; SABIR, R. M.; SAFDAR, M.; FAHEEM, M.; AL ANSARI, M. S.; HUSSAIN, S. "Applications of Sensors in Precision Agriculture for a Sustainable Future." Agriculture and Aquaculture Applications of Biosensors and Bioelectronics. **IGI Global**, 2024. 109-137.

SARKAR, B. D.; SHARDEO, V.; MIR, U. B.; NEGI, H. Harvesting success: Metaverse adoption in agriculture sector as a sustainable business strategy. **Journal of Enterprise Information Management,** v. 37, n. 6, p. 1858-1884, 2024.

SHARDEO, V.; SARKAR, B. D.; MIR, U. B.; KAUSHIK, P. Adoption of Metaverse in Healthcare Sector: An Empirical Analysis of its Enablers. **IEEE Transactions on Engineering Management**, 2024.

SHARMA, R.; SUNDARAKANI, B.; MANIKAS, I. Integration of industry 4.0 technologies for agri-food supply chain resilience. **Computers in Industry**, v. 165, p. 104225, 2025.

SILVEIRA, J. M. F. J. Agricultura brasileira: o papel da inovação tecnológica. Parte 3, Capítulo 1 In BUAINAIN, A. M., ALVES, E., SILVEIRA, J. M., & NAVARRO, Z**. O mundo rural no Brasil do século 21. A formação de um novo padrão agrário e agrícola**, Brasília: DF, Embrapa, 2014.

STEPHENSON, N. Snow Crash. **New York: Bantam**, 1992.

SZE, L. B.; SALO, J.; TAN, T. M. Sustainable innovation in the metaverse: Blockchain's role in new business models. **Digital Business**, v. 4, n. 2, p. 100086, 2024.

TIRLANGI, S.; BABU, B. H.; MEENAKSHI, S.; SUGUMAR, D.; MANIKANDAN, R.; DHANRAJ, J. A. Smart Farming in 6G Navigating Security Challenges for Agricultural Innovations. In: 6G Security Education and Multidisciplinary Implementation. **IGI Global**, 2024. p. 232-248.

TORI, Romero. **Educação sem distância: as tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino e aprendizagem**. São Paulo: Senac São Paulo, 2010.

WEBISOFT, 2023. Disponível em: <URL ou link da fonte>. Acesso em: 21 jul. 2025.

ZHENG, X.; KEOY, K. H.; LIM, A. F. Unlocking the potential of metaverse integration in supply chains: a literature review. **PaperASIA**, v. 40, n. 4b, p. 94-113, 2024.