

Adoção e difusão de tecnologias digitais na agricultura: uma análise bibliométrica

Thacyo Bruno Custódio de Moraes
UFLA – Universidade Federal de Lavras
thacyomoraes@gmail.com

Daniel Leite Mesquita
UFLA – Universidade Federal de Lavras
danielmesquita@ufla.br

Elisa Guimarães Cozadi
UFLA – Universidade Federal de Lavras
elisa.rguimaraes@ufla.br

Paulo Henrique Montagnana Vicente Leme
UFLA – Universidade Federal de Lavras
paulo.leme@ufla.br

Resumo

A agricultura digital impulsiona a produção global de alimentos e melhora a competitividade e sustentabilidade das atividades agrícolas, afetando desde a pré-produção até o consumo. Este artigo tem o objetivo de analisar a produção científica sobre adoção e difusão de tecnologias digitais na agricultura utilizando métodos bibliométricos. O trabalho foi realizado utilizando dados provenientes da base indexadora Scopus e os dados foram analisados com o software Microsoft Excel® e o pacote Bibliometrix, do software R (Aria e Cuccurullo, 2017). Foram identificados 289 artigos dentro da amostra. Os resultados identificaram autores como Marcelo Carrer, Marius Michels e Oliver Musshoff como cientistas de destaque, bem como os periódicos Agriculture, Sustainability e Precision Agriculture como os maiores periódicos da amostra. Foi identificado que China, Índia, Estados Unidos, Reino Unido e Alemanha são os maiores expoentes do tema mundialmente. Além disso, foi construído um quadro que compila sugestões de pesquisas futuras de autores que publicaram no ano de 2023 e tinham, ao menos, duas citações até a data de realização da pesquisa.

Palavras-chave: Teoria da difusão de inovações; agricultura digital; inovação.

Adoption and diffusion of digital technologies in agriculture: a bibliometric analysis

Abstract

Digital agriculture drives global food production and enhances the competitiveness and sustainability of agricultural activities, affecting everything from pre-production to consumption. This article aims to analyze the scientific production on the adoption and diffusion of digital

technologies in agriculture using bibliometric. The study was conducted using data from the Scopus indexing database, and the data were analyzed with Microsoft Excel® software and the Bibliometrix package from R software (Aria & Cuccurullo, 2017). A total of 289 articles were identified within the sample. The results identified authors such as Marcelo Carrer, Marius Michels, and Oliver Musshoff as prominent scientists, as well as the journals Agriculture, Sustainability, and Precision Agriculture as the leading journals in the sample. It was found that China, India, the United States, the United Kingdom, and Germany are the leading contributors to the topic globally. Additionally, a framework was constructed that compiles suggestions for future research from authors who published in 2023 and had at least two citations by the date of the research.

Keywords: Diffusion of innovations theory; digital agriculture; innovation.

1. INTRODUÇÃO

A digitalização e o uso de tecnologias agrícolas inteligentes são considerados uma grande oportunidade para o futuro da agricultura (Newton; Nettle; Pryce, 2020). No entanto, a percepção de todos os benefícios é limitada por: (1) interesse e uso de *big data* pelos agricultores para melhorar a tomada de decisões agrícolas; (2) questões de soberania e confiança de dados entre provedores e usuários de dados e tecnologia; (3) arranjos institucionais associados à governança de plataformas de dados. Hoje, a agricultura digital lida com uma conjunção favorável tecnologia e mercado (Maurel et al., 2017). Essas tecnologias são vistas como uma oportunidade para a agricultura, tanto para os países desenvolvidos como para os países em desenvolvimento. Massruhá et al. (2020) afirmam que a utilização de tecnologias digitais na agricultura pode aumentar a produção agrícola brasileira ao mesmo tempo em que mantém a sustentabilidade, podendo ser aplicadas desde as etapas de pré-produção ao consumo.

Os processos de adoção e difusão de inovações na agricultura, direta e indiretamente, também revelam barreiras e limitações, segundo Manzano e Pérez (2023). Essas limitações têm sido tradicionalmente analisadas quase que exclusivamente do ponto de vista econômico. No entanto, nos últimos anos, estudos sobre comportamento e percepção humana têm sido fundamentais para analisar as limitações e, assim, avançar em modelos preditivos sobre o comportamento dos diferentes atores (especialmente agricultores) na adoção de inovações.

Em termos de difusão de inovações, o estudo de Rogers (2003) aponta um caminho para se analisar os processos de mudança na agricultura digital a partir de seu modelo geral: inovadores, primeiros adeptos, maioria inicial, maioria tardia, e retardatários.

Desse modo, como sugerem Dewi, Cahyani e Megawati (2023), uma possibilidade para aumentar a adoção de tecnologias na agricultura é aprimorar a geração *millennial* como primeiros adeptos. No entanto, esforços especiais são necessários para aumentar a participação da geração *millennial* nas políticas governamentais de agricultura. Para García-Avilés, (2020), à medida que a revolução da comunicação continua a se desenrolar, há uma oportunidade para vincular melhor a pesquisa de difusão de inovações à base teórica central de Rogers. Ao buscar perspectivas integrativas, os estudiosos podem se esforçar por um pensamento teórico que expanda a teoria da difusão para considerar os desafios associados às tecnologias digitais, bem como o ambiente político em mudança das sociedades contemporâneas.

Em termos de estudos de revisão acerca da adoção da agricultura digital, Shang et al (2021) mostram que a maioria dos estudos se concentra nas características das propriedades enquanto apenas alguns estudos recentes destacam a importância dos atributos da tecnologia (por exemplo, compatibilidade com os equipamentos agrícolas existentes, complexidade e segurança dos dados), dos fatores institucionais e psicológicos dos produtores

Portanto, este artigo tem o seguinte objetivo: analisar a produção científica sobre adoção e difusão de tecnologias digitais na agricultura. Desse modo, se tem como finalidade a condução de uma revisão bibliográfica na base Scopus acerca do panorama atual dos estudos sobre adoção e difusão de tecnologias digitais na agricultura.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A bibliometria desempenha um papel fundamental ao oferecer uma compreensão abrangente do estado atual de uma área de conhecimento, bem como sua dinâmica e perspectivas futuras em termos de publicações (Chain et al., 2019). A bibliometria utiliza métodos quantitativos para analisar atividades e publicações científicas, gerando indicadores que avaliam a produção e a performance científica de autores, países e campos do conhecimento (Silva; Hayashi; Hayashi, 2011).

Este tipo de método de pesquisa possibilita organizar a literatura, produzindo informações sobre as propensões das pesquisas futuras e um corpo final de documentos chamado de frente de pesquisa, além de um conjunto de referências bibliográficas que suportam a frente de pesquisa, que é chamada de base intelectual (Chain et al., 2019).

Este trabalho utilizou a estrutura adaptada de Do Prado et al. (2016), que estabelece um framework para a realização de uma pesquisa bibliométrica. A utilização de tal método se justifica pela necessidade de conferir rigor científico e lisura ao processo de elaboração deste trabalho.

O Quadro 1 demonstra o *framework* utilizado para desenvolver o trabalho:

Quadro 1: Framework de pesquisa utilizado.

Estágio	Procedimento	Descrição
1. Operacionalização da pesquisa	1.1	Escolha da(s) base(s) científica(s) ou periódico(s)
	1.2	Delimitação dos termos que representam o campo
	1.3	Delimitação de outros termos para cálculo dos resultados
2. Procedimentos de busca (filtros)	2.1	<i>Título</i> (termo do campo) E
	2.2	Filtro 1: Apenas delimitações de artigos
	2.3	Filtro 2: Todos os anos
	2.4	Filtro 3: Exclusão de artigos da área da Saúde, Engenharia, Matemática e Química
	2.5	Filtro 4: Todos os idiomas
3. Processos de seleção (banco de dados)	3.1	Download de referências em formato de planilha eletrônica
	3.2	Download de referências para uso no <i>Bibliometrix</i>
	3.3	Análise matricial na organização de planilhas
	3.4	Importação de dados para software de análise
4. Adequação e organização dos dados	4.1	Eliminação de artigos duplicados da base de dados
	4.2	Eliminação de artigos por meio de leitura breve
	4.3	Eliminação por análise de polissemia de termos
	4.4	Pesquisa de artigos completos em .pdf
5. Análise da frente de pesquisa	5.1	Análise de tendências temporais e volume de publicações
	5.2	Análise dos artigos mais citados da amostra
	5.3	Análise dos autores mais citados da amostra
	5.4	Análise dos artigos mais citados pela amostra
	5.5	Análise dos periódicos mais citados da amostra
	5.6	Análise dos países de origem dos trabalhos da amostra
6. Análise da base intelectual	6.1	Análise da rede de cocitações dos artigos mais citados
	6.2	Análise da rede de cocitações dos autores mais citados
7. Agenda de estudos futuros	7.1	Apresentação dos principais tópicos para estudos futuros

Fonte: adaptado de Do Prado et al. (2016).

A base escolhida para análise foi a Scopus, base importante para as Ciências Sociais Aplicadas (Mesquita et al., 2021). Os trabalhos são oriundos de periódicos nacionais e

internacionais. Na busca, foram considerados artigos completos ou artigos de revisão publicados até fevereiro de 2024, pois as buscas foram realizadas no dia 22/02/2024. O termos utilizados na pesquisa foram os seguintes, conforme demonstra o Quadro 2:

Quadro 2: String de busca utilizada na base indexadora Scopus.

Base indexadora	String de busca utilizada
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (techno*) AND TITLE (adopt* OR diffusion) AND TITLE (agri* OR agro* OR farm*) AND ALL (digital* OR electronic)) AND (EXCLUDE (SUBJAREA , "NURS") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "PHAR") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "HEAL") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "CHEM") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "IMMU") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "VETE") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "MEDI") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "PHYS") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "CENG") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "MATE") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "EART") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "BIOC")) AND (EXCLUDE (DOCTYPE , "cp") OR EXCLUDE (DOCTYPE , "ch") OR EXCLUDE (DOCTYPE , "er") OR EXCLUDE (DOCTYPE , "dp"))

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Através da utilização dos termos de busca na base indexadora, obteve-se o número total de 421 trabalhos. Após leitura dos títulos e resumos dos artigos da amostra, foram selecionados 289 trabalhos publicados em 174 periódicos diferentes, brasileiros e estrangeiros. Foram excluídos nesta etapa os artigos que não tratavam do processo de adoção ou difusão de tecnologias digitais ou que tratavam apenas do impacto das tecnologias digitais no campo depois da sua adoção. Destes trabalhos, 270 foram caracterizados pela Scopus como artigos e 19 foram caracterizados como artigos de revisão.

Em relação aos autores, 979 pesquisadores participaram dos trabalhos e 11 artigos foram escritos por apenas um autor. A colaboração entre diferentes autores é destacada por uma média de 3,79 coautores por trabalho. Existe uma tendência global na investigação realizada, o que se confirma pelo fato de 31,83% dos trabalhos resultarem de colaborações internacionais.

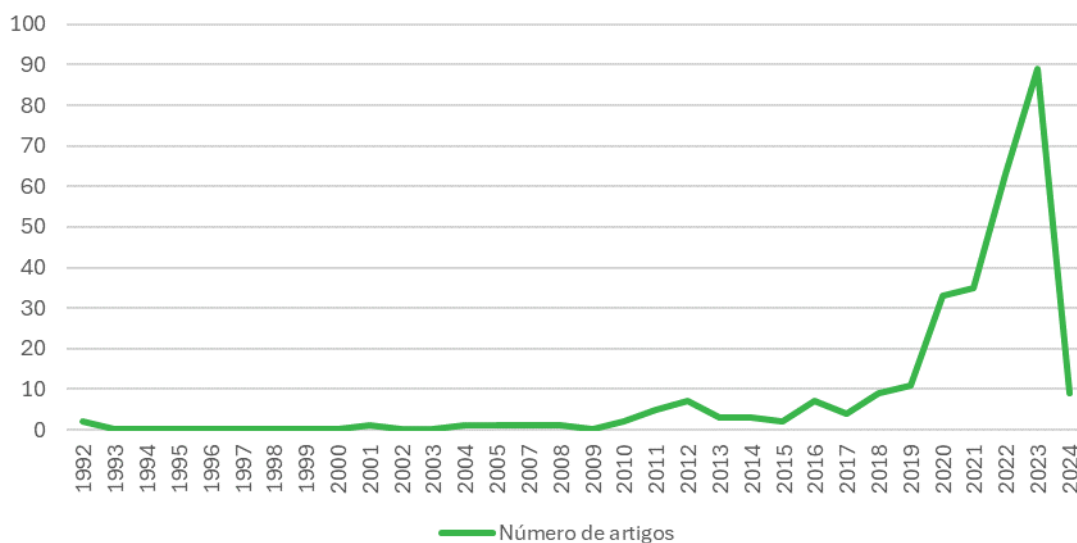
Em termos de número de menções, cada texto recebeu em média 21 citações, indicando o impacto dos artigos nas pesquisas científicas da área. A idade média dos textos é de 3,67 anos, sugerindo que a produção de grande parte dos textos está sendo feita nos últimos anos. Quanto ao conteúdo dos artigos, os autores utilizaram 933 palavras-chave e a base de dados contém um total de 17.151 referências que mostram conexões entre textos.

Estes trabalhos foram publicados ao longo de 32 anos, entre 1992 e 2024. Para analisar os dados, foi utilizado o software Microsoft Excel® e para criar as redes, foi usado o pacote Bibliometrix, dentro do *software* R (Aria; Cuccurullo, 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 representa as publicações feitas sobre a temática de adoção e difusão de tecnologias na agricultura ao longo dos anos. O primeiro artigo publicado sobre o tema foi o trabalho “Inequalities in the Information Age: Farmers' Differential Adoption and Use of Four Information Technologies”, de Abbott e Yarbrough (1992). Os autores do estudo exploram questões éticas relacionadas aos efeitos da adoção de tecnologias de comunicação, como o microcomputador e gravadores de videocassete, em desigualdades entre fazendeiros, de 1982 a 1989. Segundo Abbott e Yarbrough (1992), produtores maiores e que possuem capacidades mais robustas para trabalhar com informações têm maior tendência a adotar estas tecnologias. Eles também afirmam que aqueles produtores que ainda não adotaram tecnologias de comunicação semelhantes às estudadas no trabalho, mas que procuram mais informações, têm conhecimento geral mais amplo e são orientados para a gestão.

Figura 1: Evolução do volume anual de publicações da amostra de artigos.



Fonte: elaborado pelos autores (2024).

É possível observar no gráfico que entre os anos de 1992 e 2009, poucos trabalhos sobre a temática foram publicados. A partir do ano de 2010, há um ligeiro aumento do volume e constância de publicações na área.

A partir de 2020, a produção de artigos tem um aumento exponencial, provavelmente por causa dos efeitos da pandemia de Covid-19. A pandemia aumentou a probabilidade de adoção de vários tipos de serviços e tecnologias digitais na produção agrícola por causa do isolamento imposto para diminuir a circulação do vírus (Akudugu et al., 2023). Portanto, com

o aumento da adoção de tecnologias digitais no período, faz sentido que a taxa de publicação de novos estudos sobre esse comportamento também tenha crescido.

Em 2024, a produção da amostra ainda é pequena, mas deve-se considerar que a coleta dos dados foi feita no mês de fevereiro e que a produção científica, seguindo a tendência dos anos anteriores, deve aumentar ao longo dos meses.

O Quadro 3 apresenta quais foram os artigos mais citados da base indexadora utilizada nesta pesquisa. Foram selecionados os 10 artigos mais populares da amostra coletada:

Quadro 3: Ranking de trabalhos da amostra de artigos por número de citações.

#	Título	Autores	Periódicos (ISSN)	Tecnologia digital abordada	Citações
1	IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology	Aubert, Schroeder e Grimaudo (2012)	Decision Support Systems (1873-5797)	Tecnologias de agricultura de precisão	325
2	Blockchain technology adoption, architecture, and sustainable agri-food supply chains	Saurabh e Dey (2021)	Journal of Cleaner Production (1879-1786)	Tecnologias da informação e comunicação (TIC) conectadas em <i>blockchain</i>	234
3	Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers	Barnes et al. (2019)	Land Use Policy (1873-5754)	Tecnologias de orientação de máquinas e de taxas variáveis de nitrogênio	220
4	Blockchain technology adoption barriers in the Indian agricultural supply chain: an integrated approach	Yadav et al. (2020)	Resources, Conservation and Recycling (1879-0658)	<i>Blockchain</i>	201
5	To identify industry 4.0 and circular economy adoption barriers in the agriculture supply chain by using ISM-ANP	Kumar et al. (2021)	Journal of Cleaner Production (1879-1786)	Tecnologias relacionadas à Indústria 4.0	190
6	Adoption of organic farming: Are there differences between early and late adoption?	Läpple e Rensburg (2011)	Ecological Economics (1873-6106)	Tecnologias de agricultura orgânica	181

#	Título	Autores	Periódicos (ISSN)	Tecnologia digital abordada	Citações
7	Agricultural technologies for climate change in developing countries: Policy options for innovation and technology diffusion	Lybbert e Sumner (2012)	Food Policy (1873-5657)	Tecnologias para adaptar sistemas agrícolas às mudanças climáticas	164
8	Setting the record straight on precision agriculture adoption	Lowenberg-Deboer e Erickson (2019)	Agronomy Journal (1435-0645)	Tecnologias de agricultura de precisão	164
9	Farm diversification, entrepreneurship and technology adoption: Analysis of upland farmers in Wales	Morris, Henley e Dowell (2017)	Journal of Rural Studies (1873-1392)	Tecnologias envolvidas no processo de produção de alimentos	159
10	Socio-economic Factors Affecting Adoption of Modern Information and Communication Technology by Farmers in India: Analysis Using Multivariate Probit Model	Mittal e Mehar (2016)	Journal of Agricultural Education and Extension (1750-8622)	Tecnologias da informação e comunicação	150

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

O artigo mais citado da amostra é “IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology”, de Aubert, Schroeder e Grimaudo (2012), com 325 citações na Scopus. Os autores estudaram dados de pesquisas feitas no Canadá para montar um modelo que explica os desafios na adoção das tecnologias de agricultura de precisão. Para Aubert, Schroeder e Grimaudo (2012), a adoção da agricultura de precisão é determinada pela facilidade de uso e percepção de utilidade dessas tecnologias, que são percepções individuais e que variam de agricultor para agricultor. Outros fatores que influenciam a decisão de adoção são disponibilidade de recursos, experimentação, voluntariedade e fatores pessoais dos agricultores, como nível educacional. No modelo do estudo, idade e tamanho da propriedade não foram identificados como aspectos relevantes para a decisão de adoção de tecnologias de agricultura de precisão.

O segundo artigo mais citado da amostra é “Blockchain technology adoption, architecture, and sustainable agri-food supply chains”, de Saurabh e Dey (2021), que conta com 234 citações. No estudo, os autores buscam entender quais questões determinam a adoção de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) conectadas em *blockchain* em cadeias de abastecimento agroalimentares, utilizando como objeto de estudos a cadeia de

abastecimento de vinho e uva. Resultados indicam que os fatores que mais influenciam a tomada de decisão de adoção de TIC dos atores envolvidos nestes sistemas são desintermediação, rastreabilidade e preço.

O terceiro artigo mais citado da base é “Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers”, de Barnes et al. (2019), que conta com 220 citações na Scopus. Os autores do trabalho pesquisaram a adoção especificamente de tecnologias de orientação de máquinas e de taxas variáveis de nitrogênio utilizando dados de 971 fazendeiros de 5 países europeus. Os resultados indicam que fazendeiros com atitudes mais otimistas em relação ao retorno econômico das tecnologias são mais propensos a adotá-las. Além deste fator, o comportamento inovador e a procura por informações possuem impacto positivo sobre a decisão de substituir tecnologias de orientação de máquinas por tecnologias de taxas variáveis de nitrogênio.

Analisando as tecnologias trabalhadas nos artigos mais citados, é possível constatar que 9 dos 10 trabalhos analisam grupos de tecnologias e não apenas uma tecnologia específica. Os tipos de tecnologias estudadas nas pesquisas são tecnologias relacionados à agricultura de precisão e produção (Aubert; Schroeder; Grimaudo, 2012; Barnes et al., 2019; Lowenberg-Deboer; Erickson, 2019; Morris; Henley; Dowell, 2017), tecnologias da informação e comunicação (Saurabh; Dey, 2021; Mittal; Mehar, 2016), *blockchain* (SAURABH; DEY, 2021; YADAV Et Al., 2020), Indústria 4.0 (Kumar et al., 2021) e tecnologias para promover sustentabilidade na atividade agrícola (Läpple; Rensburg, 2011; Lybbert; Sumner, 2012).

Os autores que mais publicaram artigos dentro da amostra foram Marcelo Carrer, pesquisador da Universidade Federal de São Carlos, Marius Michels e Oliver Musshoff, ambos pesquisadores da Universidade de Göttingen. As informações sobre seus locais de trabalho e temas de pesquisa foram retiradas dos seus artigos presentes na amostra.

Carrer tem como temas de pesquisa a adoção e difusão de tecnologias, finanças e comércio na agricultura e microeconomia. Michels é pesquisador das áreas de economia agrícola, digitalização e *smart farming*. Musshoff trabalha com pesquisas sobre finanças, gerenciamento de riscos e econometria aplicada. Os artigos mais citados destes autores na amostra são “Precision agriculture adoption and technical efficiency: An analysis of sugarcane farms in Brazil” (Carrer et al., 2022), “Smartphone adoption and use in agriculture: empirical evidence from Germany” (Michels et al., 2020) e “A trans-theoretical model for the adoption of drones by large-scale German farmers” (Michels; Von Hobe; Musshoff, 2020). O Quadro 4 traz a lista dos cientistas mais produtivos da amostra:

Quadro 4: Autores mais produtivos da amostra de artigos.

Autor	Nº de publicações	Afiliação	País da afiliação
Marcelo Carrer	4	Universidade Federal de São Carlos	Brasil
Marius Michels	4	Universidade de Göttingen	Alemanha
Oliver Musshoff	4	Universidade de Göttingen	Alemanha
Jan Börner	3	Universidade de Bonn	Alemanha
Spyros Fountas	3	Universidade Agrícola de Atenas	Grécia
Yunfu Huo	3	Universidade de Dailan	China
Margherita Masi	3	Universidade de Bolonha	Itália
Carlos Mozambani	3	Universidade Federal de São Carlos	Brasil
Tiago Oliveira	3	Universidade Nova de Lisboa	Portugal
Ying Shi	3	Instituto de Pesquisa do China Telecom Corporation Limited	China

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

O Quadro 5 mostra quais são os trabalhos mais citados dentro da amostra. Everett Rogers aparece com grande relevância, tendo três edições do seu livro “Diffusion of Innovations” entre as 10 obras mais citadas da amostra. Também se destacam Ajzen (1991), Davis (1989) e Venkatesh (2003), autores de trabalhos que explicam a adoção de inovações de diferentes formas, propondo novas teorias ou unificando conceitos.

Quadro 3: Autores mais citados pelos trabalhos da amostra de artigos.

#	Título	Autores	Periódicos (ISSN)	Citações
1	Diffusion of Innovations (5ª ed)	Rogers (2003)	-	24
2	Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology	Davis (1989)	MIS Quarterly (2162-9730)	13
3	The theory of planned behavior	Ajzen (1991)	Organizational Behavior and Human Decision Processes (1095-9920)	12
4	Drivers of precision agriculture technologies adoption: a literature review	Pierpaoli et al. (2013)	Procedia Technology (2212-0173)	12

#	Título	Autores	Periódicos (ISSN)	Citações
5	Exploring the adoption of precision agricultural technologies: a cross regional study of EU farmers	Barnes et al. (2019)	Land Use Policy (1873-5754)	11
6	Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications	Tey e Brindal (2012)	Precision Agriculture (1573-1618)	11
7	User acceptance of information technology: toward a unified view	Venkatesh et al. (2003)	MIS Quarterly (2162-9730)	11
8	Diffusion of Innovations (1ª ed)	Rogers (1962)	-	10
9	Diffusion of Innovations (4ª ed)	Rogers (1995)	-	9
10	A systematic literature review of the factors affecting the precision agriculture adoption process	Pathak, Brown e Best (2019)	Precision Agriculture (1573-1618)	8

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

O Quadro 6 identifica quais foram os periódicos que mais publicaram na amostra analisada nesta pesquisa. O periódico Agriculture, mantido pelo MDPI, publica trabalhos em diversas áreas ligadas à agricultura, de tecnologia de produção animal e agrícola a gestão rural e desenvolvimento agrícola. O artigo mais citado entre suas 19 publicações é “Precision and digital agriculture: Adoption of technologies and perception of Brazilian farmers”, de Bolfe et al. (2020a), que ocupa a 27ª posição no ranking de citações, com 66 citações.

Sustainability é um periódico também mantido pelo MDPI. Ele trata de assuntos relacionados à sustentabilidade cultural, econômica, social e ambiental. Seu artigo com o maior número de citações, e que ocupa a posição 62 do ranking de citações da amostra, com 25 menções, é “Blockchain Adoption in Agricultural Supply Chain for Better Sustainability: A Game Theory Perspective”, de Song et al. (2022).

A revista Precision Agriculture, mantida pela Springer, publica trabalhos sobre agricultura de precisão, enfatizando a eficiência no uso, produção, rentabilidade e sustentabilidade da produção agropecuária. Seu artigo mais citado na amostra, “Smartphone adoption and use in agriculture: empirical evidence from Germany” (Michels et al., 2020), ocupa a posição 17 no ranking geral de citações, sendo mencionado 81 vezes em outros trabalhos.

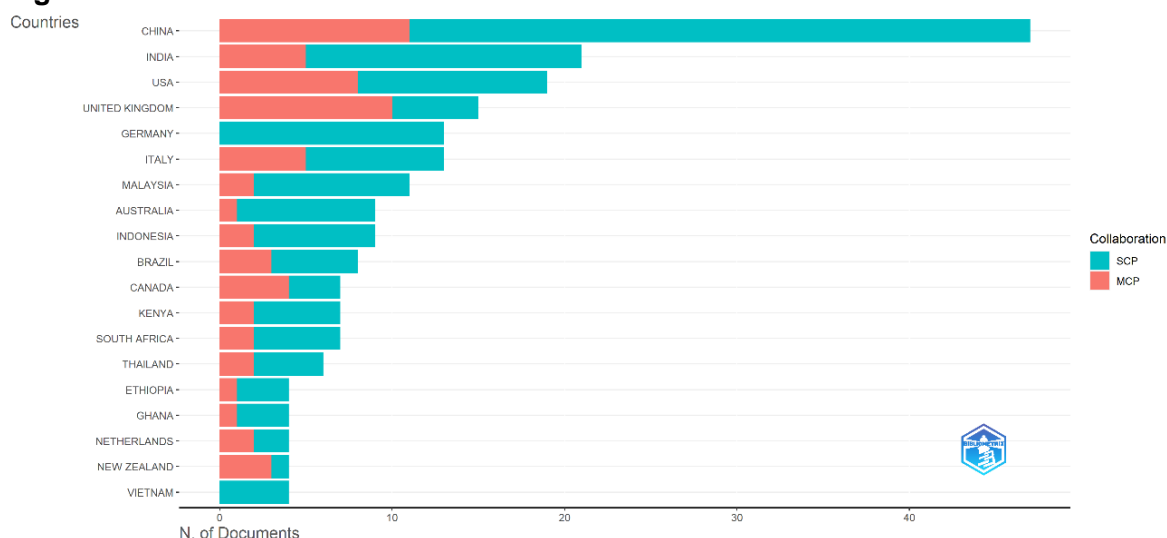
Quadro 4: Periódicos que mais publicaram trabalhos da amostra de artigos.

Periódicos	Freq.	Rate	ISSN	Cite Score (2022) Scopus
Agriculture	19	24,68%	2077-0472	3.6
Sustainability	10	12,99%	2071-1050	5.8
Precision Agriculture	9	11,69%	1573-1618	11.1
Technology in Society	8	10,39%	1879-3274	11.2
Heliyon	6	7,79%	2405-8440	5.6
Journal of Rural Studies	6	7,79%	1873-1392	8.1
Agronomy	5	6,49%	2073-4395	5.2
Land Use Policy	5	6,49%	0264-8377	11.8
Technological Forecasting and Social Change	5	6,49%	1873-5509	17.2
Computers and Electronics in Agriculture	4	5,19%	0168-1699	13.6

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

A Figura 2 mostra a distribuição dos países que pesquisam adoção e difusão de tecnologias digitais na agricultura, entre os artigos da amostra. As barras laranjas indicam os periódicos que contaram com colaboração internacional entre autores e as barras azuis representam os artigos escritos somente por autores do mesmo país.

Figura 2 - Distribuição da produção científica por países de origem dos autores dos artigos da amostra.



Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Os principais países, em volume de publicações, são China, Índia, Estados Unidos, Reino Unido e Alemanha. Estes países publicaram 39,9% de todo o volume de trabalhos

analisados nesta pesquisa. O Brasil é o 9º país que mais publicou na amostra, com 8 trabalhos. Destes 8 artigos, 3 foram publicados em parceria com pesquisadores estrangeiros. Quando o volume de citações por país é analisado, os Estados Unidos figuram como país mais relevante, com 820 citações, seguido por Índia, com 783 citações e Reino Unido, com 733 citações.

Foram geradas, também, as redes de cocitação de publicações para compor a frente de pesquisa. A Figura 4 mostra a rede de cocitação dos artigos da amostra. Foram identificados 4 clusters que se conectam dentro da temática.

O principal trabalho dentro do cluster amarelo é a quinta edição do livro “Diffusion of Innovations”, de Rogers (2003), que apresenta a Teoria da Difusão de Inovações, que explica como inovações são introduzidas e difundidas em um sistema social ao longo do tempo, como os diferentes tipos de adotantes se comportam em relação à introdução de novas ideias no grupo e quais são os fatores que afetam as taxas de adoção de inovações.

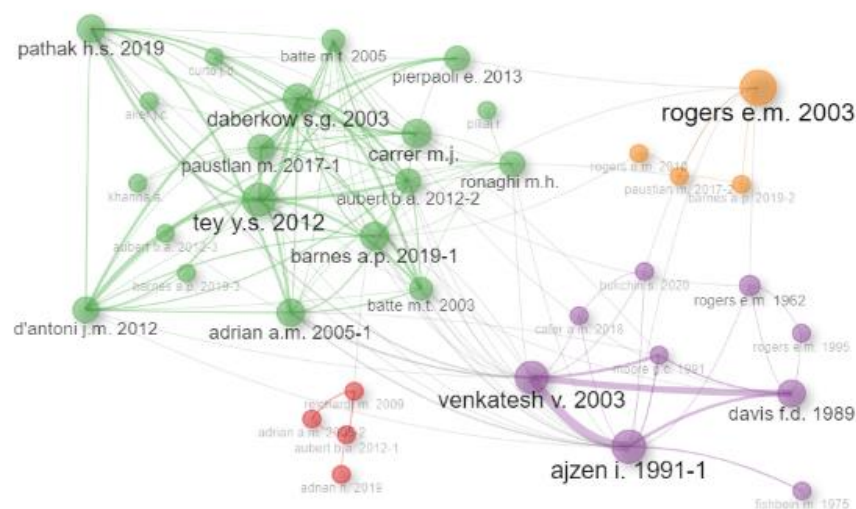
Dentro do cluster roxo, temos o trabalho de Ajzen (1991) como trabalho principal. O artigo “The theory of planned behavior” consolida a Teoria do Comportamento Planejado publicada em trabalhos anteriores do autor. Este trabalho revisa a teoria explicada em trabalhos prévios de Icek Ajzen e responde lacunas teóricas, mostrando a possibilidade de antever intenções comportamentais a partir das atitudes sobre comportamento, normas subjetivas e controle comportamental compreendido. Muito relevante no mesmo grupo, há o trabalho de Venkatesh et al. (2003). O trabalho “User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View” busca unificar elementos de oito teorias que explicam a adoção de tecnologias da informação em um único corpo de ideias. As teorias utilizadas pelos autores para construir o modelo são a Teoria da Ação Racional, o Modelo de Aceitação de Tecnologia, o Modelo Motivacional, a Teoria do Comportamento Planejado, um modelo que combina o Modelo de Aceitação de Tecnologias com a Teoria do Comportamento Planejado, o Modelo de Utilização do Computador Pessoal, a Teoria da Difusão de Inovações e o Cognitívismo Social.

No cluster verde, o trabalho de Tey e Brindal (2012) é o mais importante. O artigo “Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications” é uma revisão que busca entender quais são os fatores que afetam a adoção de tecnologias de agricultura de precisão. Além de apresentar como resultado mais de 30 fatores que podem afetar a adoção de tecnologias de agricultura de precisão, o artigo sugere políticas para os países ditos desenvolvidos e em desenvolvimento para ampliação da adoção destas tecnologias. Também é relevante o trabalho de Adrian, Norwood e Mask (2005), que dizem que quanto maior a confiança do produtor para com as tecnologias, maior pode ser a compreensão destas tecnologias, o que acelera a sua adoção. A confiança nas tecnologias, para os autores, poderia ser aumentada com o uso de demonstrações das práticas e

inovações agrícolas. Outro trabalho relevante é “Farm and Operator Characteristics Affecting the Awareness and Adoption of Precision Agriculture Technologies in the US”, de Daberkow e McBride (2003). Eles analisam qual o impacto dos esforços de sensibilização na adoção de tecnologias de agricultura de precisão nos Estados Unidos e descobrem que os esforços de comunicação podem não ser efetivos para aumentar a adoção de tecnologias de agricultura de precisão, porque os fazendeiros que enxergam as vantagens de adotá-las já têm ciência do que elas são.

No cluster vermelho, os quatro trabalhos têm relevância semelhante. Três dos quatro autores deste cluster tratam das percepções de agricultores em relação às tecnologias de agricultura de precisão em seus trabalhos. Para Aubert, Schroeder e Grimaudo (2012), as tecnologias de agricultura de precisão têm de ser fáceis de utilizar e se mostrar úteis para serem adotadas. Para Reichardt e Jurgens (2009), o consumo de tempo e a complexidade de uso afetam negativamente o processo de adoção das tecnologias de agricultura de precisão. Para estimular a introdução de práticas de agricultura de precisão, os autores pontuam a educação como uma forma importante de aumentar a adoção destas tecnologias. Adrian, Dilliard e Mask (2005) discutem o uso de tecnologias de sistemas de informação geográficos na agricultura, seus impactos e perspectivas futuras. O trabalho de Adnan et al. (2019) destoa dos demais ao revisar o comportamento de produtores rurais em relação a tecnologias de adubação verde com base em estudos que utilizaram a Teoria do Comportamento Planejado, Modelo de Aceitação de Tecnologias, Teoria da Ação Racional e a Teoria da Difusão de Inovações.

Figura 3: Rede de cocitação de trabalhos da amostra de artigos.



Fonte: elaborado pelos autores (2024).

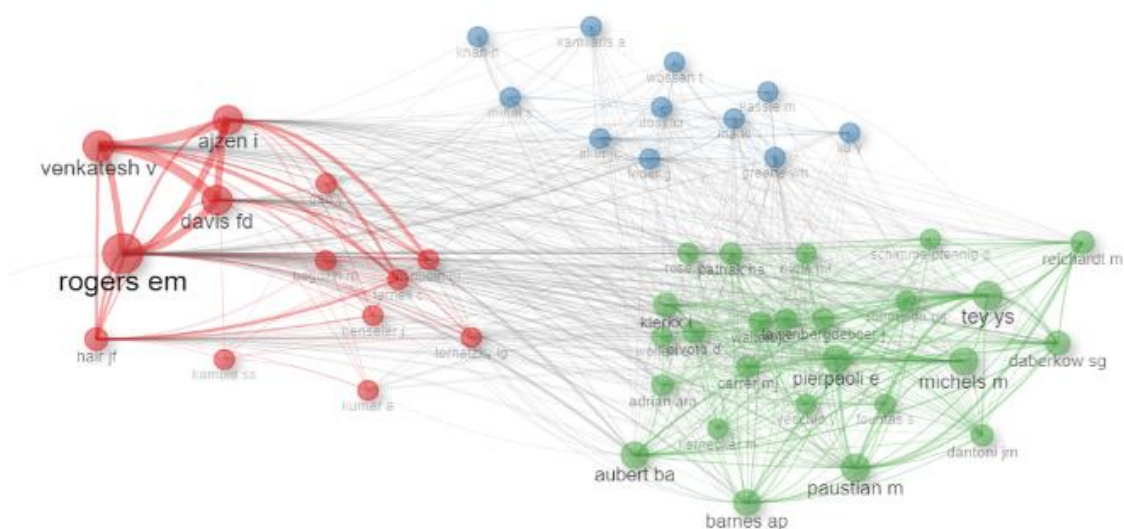
Analisando a rede de cocitação de trabalhos, é possível entender que os clusters amarelo e roxo são menores do que o cluster verde porque concentram os trabalhos utilizados como bases teóricas para explicar a adoção de tecnologias. O cluster verde tem mais peso nesta amostra porque concentra os estudos empíricos que analisam a adoção e difusão de tecnologias na agricultura.

Foram identificados 3 diferentes clusters na rede de cocitação de autores, mostrados na Figura 5. O cluster vermelho tem como principais autores Everett Rogers, Shankar Venkatesh, Icek Ajzen e Fred Davis. Estes autores são os pais dos seguintes construtos teóricos que buscam entender a adoção e a difusão de inovações: a Teoria da Difusão de Inovações, a Teoria do Comportamento Planejado, a Teoria Unificada de Aceitação e Uso de Tecnologia e a escala baseada na utilidade percebida, facilidade de uso percebida e aceitação da tecnologia da informação pelo usuário (Rogers, 2003; Venkatesh, 2003; Ajzen, 1991; Davis, 1989).

Os autores mais importantes do cluster verde são Marius Michels, Yin Tey e Laurens Klerkx. Estes autores estudam a adoção de diferentes tecnologias de agricultura de precisão em diferentes contextos. Nesse cluster, também está presente o pesquisador brasileiro Marcelo Carrer.

O cluster azul tem uma homogeneidade na importância de seus pesquisadores. Os três pesquisadores mais importantes do cluster são Gershon Feder, Jenny Aker e Menale Kassie, que discutem a adoção de tecnologias na agricultura no contexto de países em desenvolvimento.

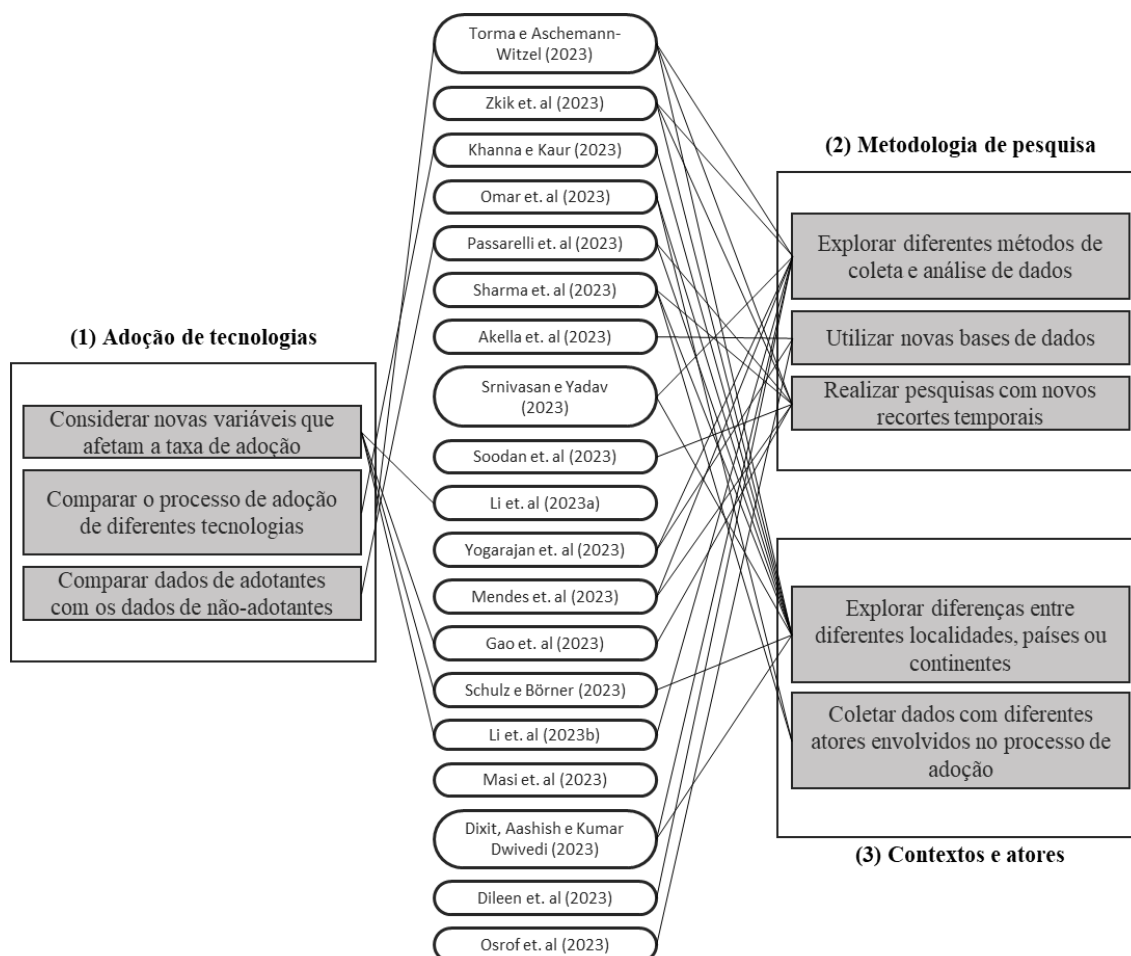
Figura 4: Rede de cocitação de autores da amostra de artigos.



Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Para apresentar as tendências de investigação sobre adoção e difusão de tecnologias digitais na agricultura, foram analisadas as sugestões de pesquisa dos artigos da amostra que foram publicados no ano de 2023 que contavam, até a data da escrita deste trabalho, com pelo menos 2 citações. O recorte foi escolhido por conta do alto volume de publicações do ano. Os artigos publicados em 2023 representam um montante de 89 artigos, enquanto os trabalhos de 2023 que contavam com duas citações ou mais na data da realização da busca somaram 36 documentos. 35 textos foram encontrados na íntegra e 19 textos contavam com sugestões para futuras pesquisas. Quatro temas compõem a Figura 6, que foi montada com base nos 19 trabalhos selecionados para criação da agenda de pesquisa desta revisão. Os temas são: (1) Fatores de adoção; (2) Metodologia de pesquisa; e (3) Grupos e culturas. Além destes temas, os autores sugeriram considerar efeitos políticos da adoção de tecnologias na agricultura, considerar o papel da rede de contatos e outros fatores contextuais na adoção de tecnologias, investigar práticas de transação entre tecnologias e investigar os motivos de resistência às tecnologias de agricultura de precisão (Akella et al., 2023; Soodan et al., 2023; Masi et al., 2023; Dileen et al., 2023).

Figura 6: Mapa de direções de pesquisas futuras feito a partir da amostra de artigos.



Fonte: elaborado pelos autores (2024).

O tema 1 fala sobre direções dentro do estudo do processo de difusão e adoção de tecnologias na agricultura, sugerindo apresentar novas variáveis de análise e estudos comparativos entre processos de adoção e entre tipos de adotantes (Torma; Aschemann-Witzel, 2023; Khanna; Kaur, 2023; Passarelli et al., 2023; Li et al., 2023a; Gao et al., 2023; Schulz; Börner, 2023; Li et al., 2023b). O tema 2 trata da necessidade de modificar e utilizar diferentes métodos de pesquisa e de coleta e análise de dados, bases de dados e recortes temporais nos estudos que tratam da difusão e adoção de tecnologias na agricultura (Torma; Aschemann-Witzel, 2023; Zkik et al., 2023; Passarelli et al., 2023; Sharma et al., 2023; Akella et al., 2023; Srinivasan; Yadav, 2023; Soodan et al., 2023; Yogarajan et al., 2023; Mendes et al., 2023; Gao et al., 2023; LI et al., 2023b; Dixit; Aashish; Kumar Diwedi, 2023; Dileen et al., 2023; Osrof et al., 2023). O tema 3 fala sobre a sugestão de estudar o contexto de diferentes regiões e atores envolvidos com o processo de difusão e adoção de tecnologias na agricultura (Torma; Aschemann-Witzel, 2023; Zkik et al., 2023; Omar et al., 2023; Passarelli et al., 2023; Sharma et al., 2023; Srinivasan; Yadav, 2023; Schulz; Börner, 2023; Dixit; Aashish; Kumar Diwedi, 2023; Dileen et al., 2023; Osrof et al., 2023).

4. CONCLUSÃO

Este artigo teve como finalidade a condução de uma revisão bibliométrica acerca do panorama atual dos estudos sobre adoção e difusão de tecnologias digitais na agricultura. Foi utilizada uma base indexadora de grande importância para as ciências sociais, Scopus, que permite o acesso a periódicos nacionais e internacionais de excelência. Foram explicitados os 10 artigos mais relevantes em número de citações, que são Aubert, Schroeder e Grimaudo (2012), Saurabh e Dey (2021), Barnes et al. (2019), Yadav et al. (2020), Kumar et al. (2021), Läpple e Rensburg (2011), Lybbert e Sumner (2012), Lowenberg-Deboer e Erickson (2019), Morris, Henley e Dowell (2017) e Mittal e Mehar (2016). Também foram apresentados os periódicos mais importantes em volume de publicações, como é o caso das revistas *Agriculture*, *Sustainability* e *Precision Agriculture*.

As redes de cocitação evidenciaram que os trabalhos de Rogers (2003), Ajzen (1991), e Tey et al. (2012) têm grande importância para a temática da adoção e difusão de tecnologias digitais na agricultura. Destaca-se que as edições anteriores à quinta edição da obra *Diffusion of Innovations* (Rogers, 2003; Rogers, 1995; Rogers, 1962), serviram de base para trabalhos publicados antes de 2003 e para a criação de novos modelos de explicação de adoção de tecnologias relevantes para a amostra, como o trabalho de Venkatesh (2003). Não obstante, foi possível observar que alguns dos cientistas mais citados também são alguns dos

mais importantes na rede de cocitação de autores, como foi o caso de Everett Rogers e Icek Ajzen.

Também foi analisada a origem dos artigos da amostra. Entre os cinco países que mais publicaram, estão China, Índia, Estados Unidos, Reino Unido e Alemanha. Mas, em volume de citações, os Estados Unidos assumem a liderança do ranking, seguidos por Índia e Reino Unido.

As direções para pesquisas futuras encontradas no estudo mostram que os autores da área estão atentos às diferentes variáveis que influenciam a adoção de tecnologias digitais no meio rural e diferenças entre tecnologias concorrentes, bem como à análise de contextos diferentes de aplicação destas tecnologias e à necessidade de inovações metodológicas nas pesquisas deste campo do conhecimento.

Os trabalhos analisados nesta amostra investigaram diferentes tecnologias em contextos diversos, o que os levou a conclusões divergentes sobre quais fatores afetam a adoção e a difusão de tecnologias na agricultura e de quais formas estes processos são afetados. Isto mostra a importância de considerar as peculiaridades das diferentes realidades em que os agricultores estão inseridos para introduzir inovações digitais de maneira efetiva e significativa para eles.

Contudo, é importante reconhecer as restrições deste trabalho. Apenas depender de dados da base Scopus pode ter resultado numa restrição potencial na amplitude dos trabalhos. Utilizando uma combinação de fontes científicas, revisões futuras podem aumentar o número de artigos relevantes para a área analisada por meio dos trabalhos que outras bases indexadoras podem prover. Além disso, o presente estudo se baseou apenas em artigos de revisão e artigos científicos publicados em revistas científicas. A consideração de outros locais de publicação e tipos de trabalhos acadêmicos pode aumentar a quantidade e densidade de informações disponíveis nas revisões. Por fim, foi visto que o termo “agricultura de precisão” é bastante importante para o tema. Futuras revisões podem incluir o termo na busca de artigos para atingir outros trabalhos relevantes que falem da adoção e difusão de tecnologias digitais na agricultura, mas que não tragam o termo “digital” no corpo do seu texto.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, E. A.; YARBROUGH, J. P. Inequalities in the information age: Farmers' differential adoption and use of four information technologies. **Agriculture and human values**, v. 9, p. 67-79, 1992.
- ADNAN, N. et al. A state-of-the-art review on facilitating sustainable agriculture through green fertilizer technology adoption: Assessing farmers behavior. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 439-452, 2019.
- ADRIAN, A. M.; DILLARD, C.; MASK, P. **GIS in agriculture**. In: Geographic information systems in business. Igi Global, 2005. p. 324-342.
- ADRIAN, A. M.; NORWOOD, S. H.; MASK, P. L. Producers' perceptions and attitudes toward precision agriculture technologies. **Computers and electronics in agriculture**, v. 48, n. 3, p. 256-271, 2005.
- AJZEN, I. The theory of planned behavior. **Organizational behavior and human decision processes**, v. 50, n. 2, p. 179-211, 1991.
- AKELLA, G. K. et al. A systematic review of blockchain technology adoption barriers and enablers for smart and sustainable agriculture. **Big Data and Cognitive Computing**, v. 7, n. 2, p. 86, 2023.
- AKUDUGU, M. A. et al. Technology adoption behaviors of farmers during crises: What are the key factors to consider?. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 14, p. 100694, 2023.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.
- AUBERT, B. A.; SCHROEDER, A.; GRIMAUDO, J. IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. **Decision support systems**, v. 54, n. 1, p. 510-520, 2012.
- BARNES, A. P. et al. Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers. **Land use policy**, v. 80, p. 163-174, 2019.
- BOLFE, E. L. et al. Precision and digital agriculture: Adoption of technologies and perception of Brazilian farmers. **Agriculture**, v. 10, n. 12, p. 653, 2020.
- CARRER, M. J. et al. Precision agriculture adoption and technical efficiency: An analysis of sugarcane farms in Brazil. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 177, p. 121510, 2022.
- CHAIN, C. P. et al. Bibliometric analysis of the quantitative methods applied to the measurement of industrial clusters. **Journal of Economic Surveys**, v. 33, n. 1, p. 60-84, 2019.

DABERKOW, S. G.; MCBRIDE, W. D. Farm and operator characteristics affecting the awareness and adoption of precision agriculture technologies in the US. **Precision agriculture**, v. 4, p. 163-177, 2003.

DAVIS, F. D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. **MIS quarterly**, p. 319-340, 1989.

DEWI, D. E.; CAHYANI, P. A.; MEGAWATI, L. R. Increasing Adoption of the Internet of Things in Indonesian Agriculture Based on a Review of Everett Rogers' Diffusion Theory of Innovation. In: **Business Innovation and Engineering Conference (BIEC 2022)**. Atlantis Press, 2023. p. 303-309.

DILLEEN, G. et al. Investigating knowledge dissemination and social media use in the farming network to build trust in smart farming technology adoption. **Journal of Business & Industrial Marketing**, v. 38, n. 8, p. 1754-1765, 2023.

DO PRADO, J. W. et al. Multivariate analysis of credit risk and bankruptcy research data: a bibliometric study involving different knowledge fields (1968---2014). **Scientometrics**, 106(3), 1007-1029, 2016.

GAO, Y. et al. Promotion methods, social learning and environmentally friendly agricultural technology diffusion: A dynamic perspective. **Ecological Indicators**, v. 154, p. 110724, 2023.

GARCÍA-AVILÉS, J. A. Diffusion of innovation. **The international Encyclopedia of media psychology**, p. 1-8, 2020.

KHANNA, A.; KAUR, S. An empirical analysis on adoption of precision agricultural techniques among farmers of Punjab for efficient land administration. **Land Use Policy**, v. 126, p. 106533, 2023.

KUMAR, S. et al. To identify industry 4.0 and circular economy adoption barriers in the agriculture supply chain by using ISM-ANP. **Journal of Cleaner Production**, v. 293, p. 126023, 2021.

LÄPPLE, D.; RENSBURG, T. V. Adoption of organic farming: Are there differences between early and late adoption?. **Ecological economics**, v. 70, n. 7, p. 1406-1414, 2011.

LI, F. et al. Farmers' adoption of digital technology and agricultural entrepreneurial willingness: Evidence from China. **Technology in Society**, v. 73, p. 102253, 2023a.

LI, J. et al. Study on the influence mechanism of adoption of smart agriculture technology behavior. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 8554, 2023b.

LOWENBERG-DEBOER, J.; ERICKSON, B. Setting the record straight on precision agriculture adoption. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 4, p. 1552-1569, 2019.

LYBBERT, T. J.; SUMNER, D. A. Agricultural technologies for climate change in developing countries: Policy options for innovation and technology diffusion. **Food policy**, v. 37, n. 1, p. 114-123, 2012.

MANZANO, R. M.; PÉREZ, J. E. Theoretical framework and methods for the analysis of the adoption-diffusion of innovations in agriculture: a bibliometric review. **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**, n. 96, p. 4, 2023.

MASI, M. et al. Precision Farming: Barriers of Variable Rate Technology Adoption in Italy. **Land**, v. 12, n. 5, p. 1084, 2023.

MASSRUHÁ, S. M. F. S. et al. A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente. 2020. In: MASSRUHÁ, S. M. F. S. et al.. (2020). Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. Embrapa Informática Agropecuária - Livro científico (ALICE).

MAUREL, V. B. et al. Sharing and pooling resources in common infrastructures is essential to accelerate research and diffusion of digital innovations in agriculture. **Watch Letter-Lettre de veille du CIHEAM**, n. 38, p. 55-59, 2017.

MENDES, J. J. et al. Adoption and impacts of messaging applications and participation in agricultural information-sharing groups: an empirical analysis with Brazilian farmers. **Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies**, 2023.

MESQUITA, D. L. et al. Veículos Autônomos Agrícolas: Caracterização e Perspectivas de Pesquisa. In: Anais do XLV Encontro da ANPAD – EnANPAD 2021, 2021.

MICHELS, M. et al. Smartphone adoption and use in agriculture: empirical evidence from Germany. **Precision Agriculture**, v. 21, p. 403-425, 2020.

MICHELS, M.; VON HOBE, C. F.; MUSSHOF, O. A trans-theoretical model for the adoption of drones by large-scale German farmers. **Journal of Rural Studies**, v. 75, p. 80-88, 2020.

MITTAL, S.; MEHAR, M. Socio-economic factors affecting adoption of modern information and communication technology by farmers in India: Analysis using multivariate probit model. **The Journal of Agricultural Education and Extension**, v. 22, n. 2, p. 199-212, 2016.

MORRIS, W.; HENLEY, A.; DOWELL, D. Farm diversification, entrepreneurship and technology adoption: Analysis of upland farmers in Wales. **Journal of Rural Studies**, v. 53, p. 132-143, 2017.

NEWTON, J. E.; NETTLE, R.; PRYCE, J. E. Farming smarter with big data: Insights from the case of Australia's national dairy herd milk recording scheme. **Agricultural systems**, v. 181, p. 102811, 2020.

PASSARELLI, M. et al. Adopting new technologies during the crisis: An empirical analysis of agricultural sector. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 186, p. 122106, 2023.

PATHAK, H. S.; BROWN, P.; BEST, T. A systematic literature review of the factors affecting the precision agriculture adoption process. **Precision Agriculture**, v. 20, p. 1292-1316, 2019.

PIERPAOLI, E. et al. Drivers of precision agriculture technologies adoption: a literature review. **Procedia Technology**, v. 8, p. 61-69, 2013.

REICHARDT, M.; JÜRGENS, C. Adoption and future perspective of precision farming in Germany: results of several surveys among different agricultural target groups. **Precision agriculture**, v. 10, p. 73-94, 2009.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 1. ed. New York: The Free Press, 1962.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 4. ed. New York: The Free Press, 1995.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 5. ed. New York: The Free Press, 2003.

SAURABH, S.; DEY, K. Blockchain technology adoption, architecture, and sustainable agri-food supply chains. *Journal of Cleaner Production*, v. 284, p. 124731, 2021.

SCHULZ, D.; BÖRNER, J. Innovation context and technology traits explain heterogeneity across studies of agricultural technology adoption: A meta-analysis. **Journal of Agricultural Economics**, v. 74, n. 2, p. 570-590, 2023.

SHANG, L. et al. Adoption and diffusion of digital farming technologies-integrating farm-level evidence and system interaction. **Agricultural systems**, v. 190, p. 103074, 2021.

SHARMA, A. et al. Blockchain adoption in agri-food supply chain management: an empirical study of the main drivers using extended UTAUT. **Business Process Management Journal**, v. 29, n. 3, p. 737-756, 2023.

SILVA, M.R.; HAYASHI, C. R. M.; HAYASHI, M. C. P. I. Análise bibliométrica e cientométrica: desafios para especialistas que atuam no campo. **InCID: revista de ciência da informação e documentação**, v. 2, n. 1, p. 110-129, 2011.

SONG, L. et al. Blockchain adoption in agricultural supply chain for better sustainability: A game theory perspective. **Sustainability**, v. 14, n. 3, p. 1470, 2022.

SOODAN, V. et al. Modelling the adoption of agro-advisory mobile applications: A theoretical extension and analysis using result demonstrability, trust, self-efficacy and mobile usage proficiency. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 2023.

SRINIVASAN, K.; YADAV, V. K. An empirical investigation of barriers to the adoption of smart technologies integrated urban agriculture systems. **Journal of Decision Systems**, p. 1-35, 2023.

TEY, Y. S.; BRINDAL, M. Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. **Precision agriculture**, v. 13, p. 713-730, 2012.

TORMA, G.; ASCHEMANN-WITZEL, J. Social acceptance of dual land use approaches: Stakeholders' perceptions of the drivers and barriers confronting agrivoltaics diffusion. *Journal of Rural Studies*, v. 97, p. 610-625, 2023.

VENKATESH, V. et al. User acceptance of information technology: Toward a unified view. **MIS quarterly**, p. 425-478, 2003.

YADAV, V. S. et al. Blockchain technology adoption barriers in the Indian agricultural supply chain: an integrated approach. **Resources, conservation and recycling**, v. 161, p. 104877, 2020.

YOGARAJAN, L. et al. Exploring the hype of blockchain adoption in agri-food supply chain: a systematic literature review. **Agriculture**, v. 13, n. 6, p. 1173, 2023.

ZKIK, K. et al. Exploration of barriers and enablers of blockchain adoption for sustainable performance: implications for e-enabled agriculture supply chains. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 26, n. 11, p. 1498-1535, 2023.