

## FATORES ASSOCIADOS À ADOÇÃO DE TECNOLOGIA NO SETOR AGROPECUÁRIO<sup>1</sup>

**Diego Pierotti Procópio<sup>2</sup>**

**Erlaine Binotto<sup>3</sup>**

**Matheus Wemerson Gomes Pereira<sup>4</sup>**

<http://dx.doi.org/10.1590/1413-2311.396.127244>

### RESUMO

Este artigo objetiva investigar os fatores associados à adoção de tecnologia no setor agropecuário. Dezoito artigos foram selecionados para a revisão sistemática. As análises permitiram agrupar as tecnologias utilizadas nas propriedades rurais nas categorias de automatização e informatização; controle de ervas daninhas e pragas; e aquelas que promovem a Intensificação Sustentável (IS). Os resultados mostram que os principais fatores que contribuem para o processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário estão relacionados à participação dos produtores rurais em organizações coletivas, ao nível de escolaridade do produtor, ao acesso a serviços de assistência técnica e ao crédito, à presença de equipamentos tecnológicos na propriedade rural e ao seu tamanho. Elaborou-se uma estrutura conceitual que atribui o processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário a um fenômeno multidimensional e complexo, sugerindo o desenvolvimento de políticas públicas educacionais e setoriais, por exemplo, incentivo à formação de organizações coletivas formais e informais, assistência técnica e crédito, para a promoção da difusão tecnológica nos países.

**Palavras-chave:** Adoção de Tecnologia. Agronegócio. Desenvolvimento Rural. Políticas Públicas.

---

<sup>1</sup>Recebido em 18/09/2022, aceito em 12/02/2024.

<sup>2</sup>Faculdade de Agronomia e Zootecnia e Programa de Pós-Graduação em Economia - Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT); Cuiabá - MT (Brasil); <https://orcid.org/0000-0002-1622-3335>; [diego.procopio@ufmt.br](mailto:diego.procopio@ufmt.br).

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Agronegócios - Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD); Dourados - MS (Brasil); Programa de Pós-Graduação em Administração - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS); Dourados - MS (Brasil); <https://orcid.org/0000-0002-0349-4566>; [erlainebinotto@ufgd.edu.br](mailto:erlainebinotto@ufgd.edu.br).

<sup>4</sup>Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS); <https://orcid.org/0000-0002-6052-6683>; [matheuswgp@yahoo.com.br](mailto:matheuswgp@yahoo.com.br).

## FACTORS ASSOCIATED WITH THE ADOPTION OF TECHNOLOGY IN THE AGRICULTURAL SECTOR

This article aimed to investigate the factors associated with the adoption of technology in the agricultural sector. Eighteen articles were selected for the systematic review. The analysis made it possible to group the technologies used on rural properties in the categories of automation and computerization, weed and pest control, and those that promote Sustainable Intensification (SI). The results show that the main factors that contribute to the process of technology adoption in the agricultural sector are related to the participation of rural producers in collective organizations, the producer's education level, access to technical assistance services and credit, the presence of technological equipment on the rural property, and its size. A conceptual framework that associates the technology adoption process in the agricultural sector with a multidimensional and complex phenomenon was elaborated. This suggests the need for the development of educational and sector-specific public policies, such as encouraging the establishment of both formal and informal collective organizations, providing technical assistance, and the access to credit in order to promote the diffusion of technology in countries.

**Keywords:** Technology Adoption. Agribusiness. Rural Development. Public Policies.

## FACTORES ASOCIADOS A LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA EN EL SECTOR AGROPECUARIO

Este trabajo tiene como objetivo investigar los factores asociados a la adopción de la tecnología en el sector agropecuario. Se seleccionaron dieciocho artículos para la revisión sistemática. Los análisis permitieron agrupar las tecnologías utilizadas en las propiedades rurales en las categorías de automatización e informatización, control de malas hierbas y plagas y las que promueven la Intensificación Sostenible (IS). Los resultados muestran que los principales factores que contribuye para el proceso de adopción de tecnología en el sector agrícola y ganadero están relacionados con la participación de los productores rurales en organizaciones colectivas, el nivel de escolaridad del productor, el acceso a los servicios de asistencia técnica y al crédito, la presencia de equipamiento tecnológico en la propiedad rural y su tamaño. Fue posible elaborar una estructura conceptual que atribuye el proceso de adopción de tecnología en el sector agropecuario a un fenómeno multidimensional y complejo, sugiriendo el desarrollo de políticas públicas educativas y sectoriales (incentivo a la formación de organizaciones colectivas formales e informales, la asistencia técnica y el crédito) para el fomento de la difusión tecnológica en los países. Se elaboró una estructura conceptual que atribuye el proceso de adopción de tecnología en el sector agropecuario a un fenómeno multidimensional y complejo, sugiriendo el desarrollo de políticas públicas educativas y sectoriales. Por ejemplo, se destaca el estímulo a la formación de organizaciones colectivas formales e informales, la asistencia técnica y el acceso al crédito, con el fin de promover la difusión tecnológica en los países.

**Palabras clave:** Adopción de Tecnología. Agronegocio. Desarrollo Rural. Políticas Públicas.

## INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas estão elevando o risco na produção agropecuária mundial em virtude dos eventos meteorológicos extremos e das catástrofes naturais, que podem afetar os níveis de produtividades agrícola e pecuária, bem como contribuir para maior ocorrência de doenças e pragas no meio rural (Campbell *et al.*, 2016; Buainain; Silveira, 2017). Em todo o mundo, o crescimento populacional contínuo, os padrões de consumo em rápida transformação e os impactos das mudanças climáticas e da degradação ambiental estão levando os recursos naturais como a água, o solo e a terra a limites críticos (Pretty; Toulmin; Williams, 2011).

Diante disso, o setor agropecuário é desafiado a melhorar a eficácia produtiva para a garantia da segurança alimentar e nutricional mundial (Campbell *et al.*, 2016; Chavas; Nauges, 2020). Este setor precisará seguir uma trajetória de modernização para alcançar e garantir, com crescente eficiência, o abastecimento alimentar mundial, o equilíbrio do mercado agropecuário, a renda para o produtor rural, a competitividade e o fortalecimento da capacidade exportadora dos países. Destaca-se a importância da incorporação de tecnologia nas propriedades rurais que permita a evolução dos sistemas produtivos em resposta ao aumento da demanda mundial por alimentos e aos riscos associados ao campo (Lopes, 2017).

A tecnologia possibilita aumento na produtividade total dos fatores de produção no setor agropecuário (Souza Filho *et al.*, 2011; Fornazier; Vieira Filho, 2012), bem como contribui para a melhoria na qualidade dos alimentos e para o aprimoramento nas condições de cultivo e do sistema produtivo da empresa rural (Veen, 2010).

Para uma compreensão adequada do processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário, torna-se necessária uma reformulação do modelo tradicional de adoção para um modelo que trate o fenômeno como um processo dinâmico de aprendizagem do produtor rural, com vários estágios. O processo se inicia com a conscientização da existência da tecnologia e finaliza na etapa de abandono. O abandono significa a substituição da tecnologia vigente por outra que proporcione melhor vantagem relativa. O aspecto geral a ser considerado é que os produtores rurais desejam melhorar a situação atual, que pode ter origem econômica, como o aumento da produtividade e do lucro, ou estar relacionada à condição de vida da família, incorporando tecnologias que sejam poupadoras de mão de obra para que o produtor tenha

tempo para os familiares. Além disso, deve-se considerar que grande parte dos produtores têm recursos limitados – tempo, dinheiro, informação – e são incapazes de determinar imediatamente quais tecnologias proporcionam vantagem relativa para o alcance dos objetivos pessoais (Weersink; Fulton, 2020).

O processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário é influenciado por uma série de fatores, que podem ser de origem ambiental, cultural, econômica, institucional, política e social. Tais fatores podem ser agrupados em três categorias gerais: i) nível individual do produtor rural e da propriedade rural; ii) aspectos decorrentes do ambiente socioeconômico; e iii) características da própria tecnologia (Sadigov, 2018; Mungia; Llewellyn, 2020; Weersink; Fulton, 2020).

A literatura internacional sobre os determinantes da adoção de tecnologia no setor agropecuário não conseguiu convergir para uma explicação consistente da razão de os produtores optarem por adotar novos insumos e práticas produtivas. Essa situação ocorre em virtude de duas razões: primeiro, há uma falta de clareza sobre os métodos analíticos e sobre a escolha de variáveis explicativas que devem ser utilizadas para a elaboração do modelo de adoção; segundo, significa que as ações de extensão rural e a política agrícola são influenciadas por um arcabouço teórico incapaz de oferecer uma recomendação clara sobre as variáveis ou mecanismos que podem ser utilizados para a orientação de políticas públicas (Mungia; Llewellyn, 2020).

Diante de tais considerações, dá-se a questão da presente pesquisa: quais fatores estão associados à adoção de tecnologia no setor agropecuário? Assim, a principal contribuição deste estudo foi o desenvolvimento de uma estrutura conceitual que explique o processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário pela identificação dos fatores que podem interferir na tomada de decisão do produtor rural nesse contexto. Este tipo de trabalho se torna relevante para a orientação de políticas públicas direcionadas à promoção do desenvolvimento rural. Pannell e Claassen (2020) relatam que a literatura sobre os determinantes da adoção de tecnologia no setor agropecuário tem despendido pouco esforço para sintetizar os resultados em formas particularmente úteis para os formuladores de políticas públicas.

## 1 ADOÇÃO DE TECNOLOGIA NO SETOR AGROPECUÁRIO

A palavra “tecnologia” é derivada dos radicais gregos *tekhne*, que significa arte, ofício, e *logos*, que significa estudo, podendo ser classificada como uma forma de conhecimento sistemático manifestado ou transformado em ferramentas (Moreira; Queiroz, 2007). A tecnologia pode ser definida como o conhecimento sobre técnicas, enquanto as técnicas envolvem as aplicações desse conhecimento em produtos, processos e métodos organizacionais (Tigre, 2006).

As tecnologias utilizadas no setor agropecuário podem ser agrupadas em cinco categorias: i) automatização e informação, que correspondem aos sistemas de gestão, informática, tecnologia da informação, sensoriamento remoto, testes de análise do solo e aplicações de fertilizante a uma taxa variável; ii) aumento de rendimentos da colheita pelo uso de insumos melhorados como fertilizantes, sementes geneticamente modificadas, máquinas e equipamentos; iii) controle de ervas daninhas e pragas, que se relaciona às práticas e ao uso de produtos para esse controle no sistema produtivo; iv) conservação do solo, que corresponde às práticas de cultivo mínimo, sistema de plantio direto e rotação de culturas, bem como as demais técnicas que promovem a conservação do solo; e v) práticas ambientais como as de gestão sustentável e de conservação da água e o uso de energias renováveis (Mungia; Llewellyn, 2020).

Limitações de recursos como água, solo e terras afetam o desempenho produtivo dos sistemas agropecuários. Dessa forma, destaca-se o conceito de sistemas produtivos sustentáveis, que podem ser denominados como aqueles que apresentam impacto positivo no capital natural, social e humano, enquanto os sistemas produtivos insustentáveis têm uma racionalidade de produção direcionada ao esgotamento dos recursos naturais. Sendo assim, atribui-se a importância da intensificação sustentável (IS) ao setor agropecuário, com o objetivo de promover o aumento da produtividade do sistema produtivo e a conservação dos recursos naturais utilizados na produção de alimentos (Pretty; Bharucha, 2014).

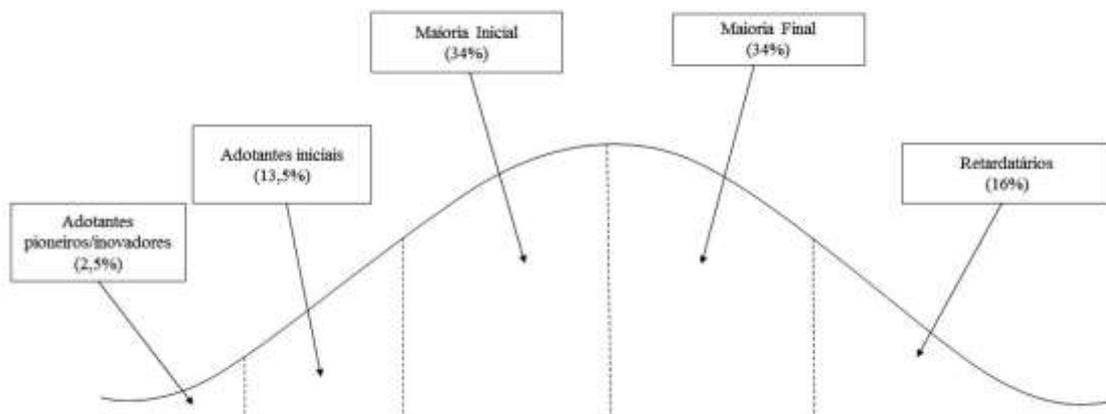
A IS pode ser definida como um processo ou sistema cujos rendimentos do setor agropecuário são aumentados sem ocorrer impacto ambiental adverso e sem a conversão adicional de terras não agrícolas. O conceito não articula ou privilegia qualquer visão ou método particular de produção agrícola. Em vez disso, a definição está associada aos fins, não aos

meios, não predeterminando tecnologias, mistura de espécies ou componentes de *design* específicos (Pretty; Bharucha, 2014).

A adoção de práticas agrícolas sustentáveis no setor rural é fundamental para a minimização de problemas associados aos riscos agropecuários, como a baixa fertilidade e a erosão do solo; as variações climáticas; e a ocorrência de pragas e doenças sobre a produção de alimentos. Entre alguns exemplos desses tipos de tecnologias, destacam-se o uso de fertilizantes orgânicos, a rotação de culturas, o uso de técnicas que promovam a conservação do solo – como os sistemas de preparo do solo de cultivo mínimo e plantio direto na palha – e da água, a utilização da agricultura de conservação como os sistemas agroflorestais (SAFs), entre outros (Manda *et al.*, 2016).

Rogers (2003) relata que a difusão de uma tecnologia na sociedade é relacionada diretamente com a simplicidade e a facilidade de seu uso, para que assim ela possa ser testada e incorporada ao processo produtivo de uma empresa. A taxa de adoção de uma tecnologia num sistema social ocorrerá em etapas, conforme as características dos grupos sociais (Figura 1).

Figura 1 - Categorias e taxas de adotantes de uma tecnologia num sistema social



Fonte: adaptado de Rogers (2003, p. 247).

Os tipos de adotantes de tecnologia num sistema social podem ser classificados em: i) adotantes pioneiros/inovadores: correspondem aos entusiastas, os primeiros a adotar uma tecnologia e abrangem 2,5% do total de atores do sistema; ii) adotantes iniciais: relacionam-se com os visionários, são fundamentais para o processo de difusão de uma tecnologia, têm uma maior ligação com a cultura local, caso dos líderes de comunidades locais, e abrangem 13,5%

do total do sistema; iii) maioria inicial: relaciona-se com os pragmáticos, decide pela adoção quando os benefícios da tecnologia são comprovados, e os riscos baixos, e abrange 34% do total; iv) maioria final: relaciona-se com os conservadores, corresponde ao grupo social que adota a tecnologia após a maior parte dos indivíduos do sistema social já ter adotado e abrange 34% do total; e v) retardatários: relacionam-se com os últimos atores a adotar determinada tecnologia, geralmente são resistentes ao processo de mudança e abrangem 16% do total (Rogers, 2003).

Num sistema social, o processo de adoção de tecnologia ocorrerá de acordo com o tipo de indivíduo: adotantes pioneiros/inovadores, adotantes iniciais, maioria inicial, maioria final e retardatários (Rogers, 2003). O processo de aprendizagem dinâmico do produtor rural será influenciado por outros fatores, incluindo a vantagem relativa, a experimentabilidade e as influências sociais, pessoais e culturais, que são definidas como condutores da adoção de tecnologia (quadro 1).

Quadro 1 - Fases do processo de aprendizagem dinâmico e os condutores da adoção de tecnologia no setor agropecuário

Estágios do processo de aprendizagem	Condutores da adoção de tecnologia		
	Vantagem relativa	Experimentabilidade	Influências sociais, culturais e pessoais
Conscientização			***
Avaliação não experimental	*	**	***
Avaliação experimental	**	***	**
Adoção	***	*	*
Revisão	***	*	*
Abandono	***		*

Fonte: adaptado de Weersink e Fulton (2020, p. 7).

Nota: (\*) importância limitada; (\*\*) importância moderada; e (\*\*\*) alta importância no processo de adoção de tecnologia.

O primeiro estágio do ciclo de aprendizagem dinâmica é a conscientização do tomador de decisão de que existe uma nova tecnologia que pode ser relevante para alcançar os objetivos pessoais, por exemplo, a maximização do lucro. Quando o indivíduo tem conhecimento da existência da tecnologia, o segundo passo é a busca de informações sobre a sua aplicabilidade, que incluem os custos de adoção e os possíveis impactos no sistema produtivo. Se a avaliação

não experimental sugerir um potencial de uso, a próxima etapa é caracterizada por uma avaliação da tecnologia por meio de um teste em pequena escala, ou sua observação em algum campo experimental (Pannell *et al.*, 2006; Weersink; Fulton, 2020).

A quarta etapa se relaciona com a adoção da tecnologia, caso o desempenho do teste em pequena escala, realizado na etapa anterior, tenha sido satisfatório aos objetivos do produtor rural. Com isso, o quinto estágio consiste na avaliação continuada do desempenho da tecnologia para determinar se serão necessárias modificações de acordo com as características da propriedade rural, como relevo, condições e estrutura do solo, disponibilidade de água etc. Por fim, o último estágio é caracterizado pela rejeição da tecnologia adotada, sendo denominado de abandono. A rejeição pode ocorrer quando a tecnologia se torna obsoleta devido à introdução de novos insumos e práticas produtivas mais capazes de atender aos objetivos do produtor rural (Pannell *et al.*, 2006; Weersink; Fulton, 2020).

Conforme mostra o quadro 1, a vantagem relativa exerce uma forte influência nos estágios finais do processo de aprendizagem dinâmico, quais sejam, adoção, revisão e abandono da tecnologia. Pode ser definida como o grau em que uma nova tecnologia se torna melhor do que o sistema atual utilizado na empresa (Rogers, 2003). Além disso, a vantagem relativa se relaciona com a capacidade de a tecnologia atender aos objetivos pessoais do produtor rural e depende do contexto biofísico, econômico e social da propriedade rural, bem como é um fator decisivo para que o processo de adoção realmente possa ocorrer (Pannell *et al.*, 2006; Weersink; Fulton, 2020).

A vantagem relativa de uma tecnologia depende de um conjunto de fatores econômicos, sociais e ambientais: i) impacto sobre a lucratividade no curto, médio e longo prazos; ii) influência sobre o nível de produtividade; iii) benefícios alcançados para outras partes do sistema produtivo, como o cultivo de leguminosas ou de pastagens, que pode contribuir para o aumento de fixação do nitrogênio no solo e proporcionar aumento da produtividade nas safras subsequentes, bem como auxiliar na conservação do solo; iv) custos de ajustes envolvidos na adoção da tecnologia; e v) compatibilidade da tecnologia com o conjunto de recursos disponíveis na propriedade rural, por exemplo, a existência de máquinas e equipamentos, o tamanho da propriedade e a mão de obra especializada (Pannell *et al.*, 2006).

A experimentabilidade se relaciona com as características da própria tecnologia, o que afeta o processo de aprendizado do produtor rural. Em outras palavras, a experimentação não

se refere meramente à facilidade de estabelecer fisicamente um ensaio – experimento de pequena escala em campo, por exemplo –, mas abrange os fatores que influenciam a capacidade de aprendizado do produtor em relação ao experimento, como a complexidade do problema que está sendo abordado e o uso adequado da tecnologia na propriedade rural (Pannell *et al.*, 2006).

A maior influência da experimentabilidade ocorre no estágio de avaliação experimental, quando o experimento é conduzido num nível de pequena escala ou num campo de observação (quadro 1). A experimentabilidade da tecnologia em pequena escala é importante porque pode aumentar a probabilidade de acerto na decisão do produtor rural sobre a adoção de uma tecnologia. O teste, ou experimento, fornece uma oportunidade para que o produtor desenvolva as habilidades necessárias para o uso da tecnologia e evita riscos de perdas financeiras se a nova prática se revelar não econômica ou falhar em razão da inexperiência do indivíduo (Pannell *et al.*, 2006).

A experimentabilidade de uma tecnologia está diretamente relacionada com a simplicidade; quanto mais simples for a tecnologia, menores serão a dificuldade, o esforço e o tempo necessário para que o produtor rural consiga avaliar o desempenho da tecnologia no experimento e decida pela melhor forma de implementá-la na propriedade; com a observabilidade, que consiste na capacidade de observação dos resultados proporcionados pela nova prática ou insumo incorporado ao sistema produtivo, como aumento da produtividade ou redução da incidência de pragas e doenças na área do experimento; e com a divisibilidade, capacidade de realização do experimento em pequena escala, sendo inversamente relacionada ao custo de realização do teste, ou seja, quanto maior o custo de realização do experimento, menor a disposição do produtor rural em adotar a tecnologia (Weersink; Fulton, 2020).

As influências sociais, culturais e pessoais têm maior relevância nos estágios iniciais do processo de aprendizagem do indivíduo, consistindo nas etapas de conscientização e avaliação não experimental da tecnologia (quadro 1). A adoção de uma tecnologia no setor agropecuário geralmente é um processo social, já que o produtor rural tende a buscar informações nas redes de contatos, incluindo entidades de classe, cooperativas, associações, empresas de extensão, outros produtores rurais etc., ou opera como parte de uma equipe familiar que gerencia a propriedade rural. Quando uma decisão sobre a adoção tende a ser muito complexa, o processo de tomada de decisão do produtor tende a ser compartilhado socialmente (Pannell *et al.*, 2006).

O processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário é considerado um fenômeno complexo e multidimensional, pois está diretamente associado aos diversos fatores que influenciam o processo de tomada de decisão do produtor rural sobre a incorporação de um novo insumo e/ou de uma técnica produtiva na propriedade. Assim, a adoção de determinada tecnologia será feita caso atenda aos objetivos pessoais do produtor, que podem ser de origem ambiental, econômica e social (Weersink; Fulton, 2020).

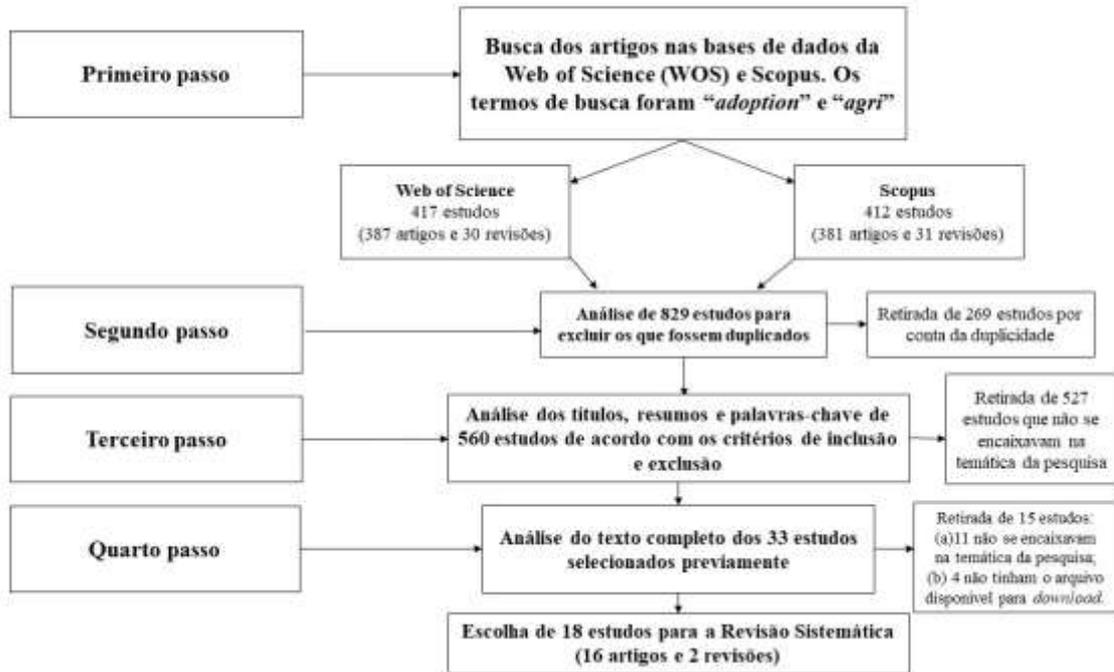
Caso o produtor rural perceba que as metas não serão alcançadas pela incorporação da tecnologia ao sistema produtivo, provavelmente a adoção não acontecerá. As metas variam amplamente entre os produtores rurais, dependendo dos contextos socioeconômicos em que a propriedade rural está inserida e das preferências pessoais do indivíduo, além dos resultados econômicos, sociais e ambientais proporcionados pela tecnologia (Pannell *et al.*, 2006).

Os objetivos dos produtores rurais em relação à adoção de uma tecnologia são heterogêneos e podem ser agrupados em: i) riqueza material e segurança financeira; ii) proteção e conservação do meio ambiente; iii) aprovação e aceitação social; iv) integridade pessoal e padrões éticos elevados; e v) equilíbrio entre o trabalho e o estilo de vida (Pannell *et al.*, 2006).

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A revisão sistemática de literatura, para esta pesquisa, foi realizada considerando as bases de dados da Web of Science (WOS) e Scopus no período de 1945 a 2021. Foram considerados, na busca, artigos disponíveis nessas bases de dados desde 1º de janeiro de 1945 a 19 de junho de 2021, quando se encerraram as buscas. A pesquisa foi desenvolvida em quatro etapas com o auxílio do software Start®. A figura 2 detalha o protocolo da revisão.

Figura 2 - Protocolo de pesquisa adotado para a revisão sistemática



Fonte: elaborado pelos autores (2021).

Os artigos incluídos na revisão sistemática tiveram como critério de inclusão tratar do uso de tecnologias que aumentam a produtividade e aprimoram o processo produtivo, o que envolve utilização racional e conservação dos recursos produtivos em propriedades rurais, cuja adoção tenha sido feita (condição *ex-post*) de modo voluntário pelo produtor rural. Os critérios de inclusão e exclusão estão apresentados no quadro 2.

Quadro 2 - Critérios de inclusão e exclusão de estudos da revisão sistemática

Ação	Descrição
Inclusão	i) Esteja na língua inglesa; ii) A pesquisa seja direcionada para as propriedades rurais; iii) A adoção da tecnologia seja voluntária por parte do produtor rural; iv) Os estudos devem tratar de tecnologias direcionadas ao aumento da produtividade, melhoria da qualidade dos alimentos e aprimoramento das condições de cultivo e do sistema produtivo, conforme recomendado por Veen (2010); e

	v) Os estudos devem tratar de tecnologias já adotadas (condição <i>ex-post</i> ).
Exclusão	<p>i) Não esteja na língua inglesa;</p> <p>ii) A pesquisa seja direcionada a outros componentes de uma cadeia produtiva agropecuária, caso das indústrias de insumos e processamento, setores de distribuição (atacado e varejo) etc.;</p> <p>iii) As tecnologias não tenham sido adotadas (condição <i>ex-ante</i>);</p> <p>iv) A tecnologia seja incentivada por pagamentos diretos, caso das medidas agroambientais da União Europeia, que são instrumentos que visam à conservação e à promoção do uso sustentável da terra agrícola por meio de incentivos financeiros, conforme tratado por Matzdorf e Lorenz (2010);</p> <p>v) A tecnologia seja direcionada exclusivamente para a conservação do ecossistema da propriedade rural ou localidade beneficiada; e</p> <p>vi) Não esteja disponível para <i>download</i>.</p>

Fonte: elaborado pelos autores (2021).

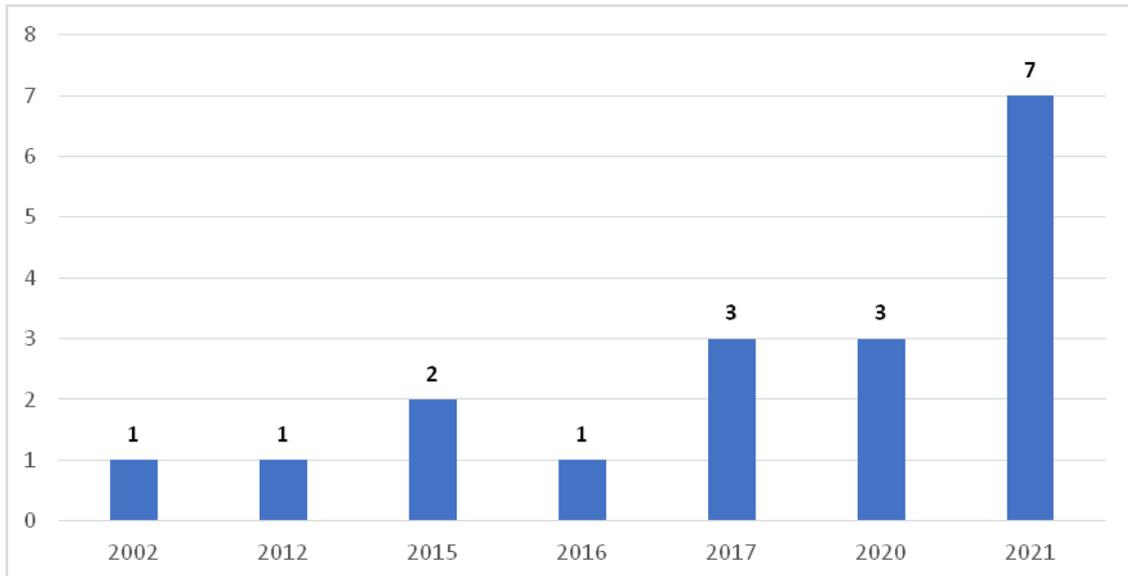
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos artigos foi feita por meio de uma análise de conteúdo, tendo como base os seguintes indicadores: i) ano de publicação, localidade e produtos agropecuários; ii) tecnologias utilizadas nos sistemas produtivos agropecuários; e iii) identificação dos fatores que contribuem para o processo de adoção da tecnologia.

#### 3.1 Ano de publicação, localidade e produtos agropecuários

Dos estudos analisados, o primeiro foi publicado em 2002, já o maior número de publicações foi em 2021, totalizando 7 trabalhos, que correspondem a 38,88% do total.

Gráfico 1 - Quantidade de trabalhos publicados por ano



Fonte: elaborado pelos autores tendo como base Scopus (2021) e WoS (2021).

Os estudos analisados foram conduzidos em diferentes países: Estados Unidos, Nova Zelândia, Gana, Paquistão, Brasil, Colômbia, México, Itália, Irlanda, Índia, Uganda e Quênia (quadro 3). Nos estudos de revisão de Jones-Garcia e Krishna (2021), a delimitação territorial compreendeu os países do hemisfério Sul e nos estudos de Giua, Materia e Camanzi (2021) não houve definição de localidade.

Quadro 3 - Aspectos gerais dos estudos analisados

<b>Autores</b>	<b>Localidade dos estudos</b>	<b>Atividade principal</b>
Salik <i>et al.</i> (2021)	Paquistão	Produção de frutas e culturas temporárias, como trigo e algodão
Siqueira <i>et al.</i> (2021)	Brasil	Bovinocultura de leite
Bernal-Hernández, Ramirez e Mosquera-Montoya (2021)	Colômbia	Cultivo de dendê
Mulwa, Muyanga e Visser (2021)	Quênia	Cultivo de grãos
Jones-Garcia e Krishna (2021)	Hemisfério Sul	Cultivo de milho

Nankya <i>et al.</i> (2017)	Uganda	Produção de feijão e banana
Brown e Roper (2017)	Nova Zelândia	Bovinocultura de corte e de leite
Enriquez-Sanchez <i>et al.</i> (2017)	México	Produção de queijo
Brown <i>et al.</i> (2016)	Nova Zelândia	Bovinocultura de corte e de leite, horticultura, silvicultura, viticultura
Ashraf <i>et al.</i> (2015)	Paquistão	Cultivo de citros
Isaac (2012)	Gana	Cultivo de cacau
Leib <i>et al.</i> (2002)	Estados Unidos	Cultivo de batata e frutas
Yoder <i>et al.</i> (2021)	Estados Unidos	Cultivo de milho, soja e trigo
Giua, Matera e Camanzi (2021)	Não tem indicação	Não tem indicação
Kumar <i>et al.</i> (2021)	Índia	Cultivo de arroz, milho e trigo
Zakaria <i>et al.</i> (2020)	Gana	Cultivo de milho, inhame, milheto, sorgo, mandioca, amendoim, soja, arroz, quiabo, pimenta, cana-de-açúcar e gado
Filippini <i>et al.</i> (2020)	Itália	Bovinocultura de leite
Läpple, Renwick e Thorne (2015)	Irlanda	Bovinocultura de corte e de leite e ovinocultura

Fonte: elaborado pelos autores (2021).

Foi possível observar a diversidade de produtos agropecuários nos estudos analisados. De origem vegetal, destacam-se os cultivos de algodão, arroz, banana, batata, cacau, cana-de-açúcar, citros, dendê, feijão, mandioca, milheto, milho, pimenta, quiabo, soja, sorgo, trigo e vinhas. Alguns trabalhos não especificaram os produtos, mas trouxeram categorias gerais como frutas (Leib *et al.*, 2002; Salik *et al.*, 2021); cultivo de grãos (Mulwa; Muyanga; Visser, 2021); horticultura (Brown *et al.*, 2016); e silvicultura (Brown *et al.*, 2016). Entre os produtos de origem animal, destacam-se a bovinocultura de corte e de leite, a ovinocultura e a produção de queijo, conforme apresentado no quadro 3.

### 3.2 Tecnologias utilizadas nos sistemas produtivos agropecuários

As tecnologias analisadas foram aquelas que proporcionaram aumento na produtividade, melhoria na qualidade dos alimentos e aprimoramento das condições de cultivo e do sistema produtivo (Veen, 2010). Tendo como referência os estudos analisados, foi possível fazer o agrupamento das tecnologias nas categorias de automatização e informatização; controle de ervas daninhas e pragas; e intensificação sustentável (IS) (Manda *et al.*, 2016; Mungia; Llewellyn, 2020; Jones-Garcia; Krishna, 2021) (quadro 4).

Quadro 4 - Tipos de tecnologias utilizadas no setor agropecuário

<b>Categorias</b>	<b>Tipos de tecnologias</b>	<b>Autores</b>
<b>Automatização e informatização</b>	i) Sistemas de apoio ao gerenciamento da propriedade;	Läpple, Renwick e Thorne (2015); Brown e Roper (2017); Giua, Matera e Camanzi (2021)
	ii) Uso de tecnologia de informação e comunicação (TIC);	Leib <i>et al.</i> (2002); Läpple, Renwick e Thorne (2015)
	iii) Uso de <i>smartphone</i> para fins profissionais;	Filippini <i>et al.</i> (2020)
	iv) Sistema de irrigação;	Leib <i>et al.</i> (2002); Salik <i>et al.</i> (2021)
	v) Teste de análise do solo;	Läpple, Renwick e Thorne (2015); Bernal-Hernández, Ramirez e Mosquera-Montoya (2021)
	vi) Rádio.	Salik <i>et al.</i> (2021)
<b>Controle de ervas daninhas e pragas</b>	i) Uso de defensivos;	Isaac (2012)
	ii) Monitoramento de árvores doentes;	Bernal-Hernández, Ramirez e Mosquera-Montoya (2021)

	iii) Manejo integrado de pragas.	Jones-Garcia e Krishna (2021)
<b>Intensificação Sustentável</b>	i) Uso de fertilizantes químicos e orgânicos;	Isaac (2012); Bernal-Hernández, Ramirez e Mosquera-Montoya (2021); Jones-Garcia e Krishna (2021); Mulwa, Muyanga e Visser (2021); Salik <i>et al.</i> (2021)
	ii) Sementes melhoradas geneticamente;	Zakaria <i>et al.</i> (2020); Kumar <i>et al.</i> (2021); Jones-Garcia e Krishna (2021); Mulwa, Muyanga e Visser (2021); Salik <i>et al.</i> (2021)
	iii) Consórcio de culturas;	Nankya <i>et al.</i> (2017); Jones-Garcia e Krishna (2021)
	iv) Rotação de culturas;	Jones-Garcia e Krishna (2021)
	v) Manejo do solo para a conservação dos nutrientes e da água;	Brown <i>et al.</i> (2016); Brown e Roper (2017); Jones-Garcia e Krishna (2021)
	vi) Agricultura de conservação, por exemplo, os sistemas agroflorestais);	Isaac (2012); Jones-Garcia e Krishna (2021)
	vii) Mudança na data de plantio;	Zakaria <i>et al.</i> (2020)
	viii) Adubação verde;	Zakaria <i>et al.</i> (2020)

	ix) Cultivo de culturas de cobertura;	Zakaria <i>et al.</i> (2020); Yoder <i>et al.</i> (2021)
	x) Técnicas de aprimoramento do processo produtivo.	Isaac (2012); Ashraf <i>et al.</i> (2015); Enriquez-Sanchez <i>et al.</i> (2017); Siqueira <i>et al.</i> (2021)

Fonte: elaborado pelos autores (2021).

A primeira categoria de tecnologias foi a de “automatização e informatização”, que compreendeu o uso de sistemas de apoio ao gerenciamento da propriedade rural, como softwares, incluindo TIC, *smartphone* para fins profissionais – acesso a informações de mercado na internet e consulta à previsão do tempo –, rádio, implantação de um sistema de irrigação e realização de teste de análise do solo (quadro 4).

O uso de TIC e de *softwares* é importante para auxiliar no gerenciamento das atividades administrativas e produtivas do empreendimento agropecuário (Läpple; Renwick; Thorne, 2015; Brown; Roper, 2017; Giua; Materia; Camanzi, 2021). Além disso, outras tecnologias são fundamentais para o fornecimento de informações necessárias que colaboram com o processo de tomada de decisão do produtor rural, caso do uso de *smartphone* (Filippini *et al.*, 2020), do rádio (Salik *et al.*, 2021) e dos testes de análise de solo (Läpple; Renwick; Thorne, 2015), para fins de diagnóstico do nível de fertilidade e disponibilidade de nutrientes na terra. O sistema de irrigação (Leib *et al.*, 2002) é importante para a manutenção da qualidade e da produtividade dos produtos agropecuários.

A segunda categoria de tecnologias, intitulada “controle de ervas daninhas e pragas”, compreende ações como o uso de defensivos (Isaac, 2012), com o intuito de combater pragas e doenças existentes na área de cultivo; a adesão de práticas preventivas de monitoramento do sistema produtivo pela identificação de plantas doentes (Bernal-Hernández; Ramirez; Mosquera-Montoya, 2021); e o manejo integrado de pragas (Jones-Garcia; Krishna, 2021).

A “intensificação sustentável” (IS), caracterizada como a terceira categoria de tecnologias utilizadas no setor agropecuário, tem como objetivo principal a promoção da produtividade em conjunto com a conservação dos recursos naturais nas propriedades rurais (Pretty; Bharucha, 2014). A maior parte das tecnologias classificadas como IS está relacionada com o manejo e a conservação do solo (quadro 4).

No contexto de mudanças climáticas e aumento da demanda mundial por alimentos, torna-se relevante a adoção de tecnologias sustentáveis que promovam a minimização dos riscos agropecuários, como a baixa fertilidade e a erosão do solo, sobre a produção de alimentos (Manda *et al.*, 2016). Entre tais tecnologias, citam-se o uso de fertilizantes químicos e orgânicos (Isaac, 2012; Bernal-Hernández; Ramirez; Mosquera-Montoya, 2021; Jones-Garcia; Krishna, 2021; Mulwa; Muyanga; Visser, 2021; Salik *et al.*, 2021); a adubação verde (Filippini *et al.*, 2020); o manejo do solo para a conservação dos nutrientes e água (Brown *et al.*, 2016; Brown; Roper, 2017); e o cultivo de plantas de cobertura (Yoder *et al.*, 2021).

Destaca-se que a adubação verde consiste no uso de plantas (leguminosas) para a promoção da melhoria nas condições físicas, químicas e biológicas do solo. Por meio dela, é possível fazer um controle da erosão, alcançar o equilíbrio biológico e a conservação da umidade, bem como possibilitar a incorporação de nitrogênio e a ciclagem de nutrientes no solo (Formentini, 2008). Por sua vez, o cultivo de plantas de cobertura pode ser definido como um tipo de sistema integrado de produção agropecuária em que se preconizam os princípios de agricultura conservacionista com a promoção do uso de culturas de cobertura (temporárias ou perenes) de forma conjunta (rotação ou consórcio) com as culturas principais em uma propriedade rural (Boeni *et al.*, 2021).

Ainda na categoria IS, há o uso de sementes melhoradas geneticamente, com o intuito de promover uma melhora na produtividade e na qualidade do produto, bem como de minimizar o efeito de alguns tipos de riscos agropecuários, como as variações climáticas (Zakaria *et al.*, 2020; Jones-Garcia; Krishna, 2021; Kumar *et al.*, 2021; Mulwa; Muyanga; Visser, 2021).

Outras tecnologias que compõem a categoria IS estão relacionadas a diferentes tipos de técnicas produtivas como a agricultura de conservação, por exemplo, os sistemas agroflorestais (SAFs) (Jones-Garcia; Krishna, 2021); técnicas de aprimoramento do processo produtivo (Isaac, 2012; Ashraf *et al.*, 2015; Enriquez-Sanchez *et al.*, 2017; Siqueira *et al.*, 2021); mudança na data de plantio (Zakaria *et al.*, 2020); consórcio de culturas (Nankya *et al.*, 2017; Jones-Garcia; Krishna, 2021); e rotação de culturas (Jones-Garcia; Krishna, 2021).

Cabe destacar que o consórcio de culturas pode ser definido como o cultivo simultâneo de duas ou mais espécies na mesma safra agrícola, numa mesma área, com o objetivo de proporcionar aumento na renda do produtor rural pelo aumento da produtividade e do nível de produção total, bem como contribui para a conservação do solo (Santos *et al.*, 2007). A rotação

de culturas consiste em alternar no tempo o cultivo de plantas numa determinada área. Além disso, opta-se pela escolha de cultivares que têm sistemas radiculares diferentes, por exemplo, gramíneas e leguminosas, em que cada espécie deixa um efeito residual positivo para o solo e para a cultura sucessora (Gonçalves *et al.*, 2007).

### 3.3 Identificação dos fatores que contribuem para o processo de adoção da tecnologia

A adoção de tecnologia no setor agropecuário pode ser influenciada por uma série de fatores relacionados com as características do produtor rural; da propriedade; do ambiente socioeconômico em que a propriedade está inserida; da própria tecnologia (Sadigov, 2018; Mungia; Llewellyn, 2020; Weersink; Fulton, 2020); e das especificidades do setor rural (Yoder *et al.*, 2021) (quadro 5).

Quadro 5 - Fatores que contribuem para o processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário

<b>Categorias</b>	<b>Fator</b>	<b>Variável</b>	<b>Autores</b>
<b>Características do produtor rural</b>	Nível de escolaridade do produtor rural	X1	Läpple, Renwick e Thorne (2015); Ashraf <i>et al.</i> (2015); Brown <i>et al.</i> (2016); Brown e Roper (2017); Mulwa, Muyanga e Visser (2021).
	Posse da terra	X2	Jones-Garcia e Krishna (2021); Mulwa, Muyanga e Visser (2021).
	Tamanho da família	X3	Zakaria <i>et al.</i> (2020); Kumar <i>et al.</i> (2021).
	Sexo	X4	Brown <i>et al.</i> (2016)
	Experiência na atividade agropecuária	X5	Kumar <i>et al.</i> (2021)
	Robustez financeira	X6	Brown <i>et al.</i> (2016)

<b>Características da propriedade rural</b>	Tamanho da propriedade	X7	Ashraf <i>et al.</i> (2015); Läpple, Renwick e Thorne (2015); Brown <i>et al.</i> (2016); Giua, Materia e Camanzi (2021).
	Presença de equipamento tecnológico na propriedade	X8	Leib <i>et al.</i> (2002); Filippini <i>et al.</i> (2020); Giua, Materia e Camanzi (2021); Jones-Garcia e Krishna (2021); Salik <i>et al.</i> (2021).
	Qualidade do solo	X9	Kumar <i>et al.</i> (2021)
	Usos distintos da terra	X10	Brown <i>et al.</i> (2016)
<b>Características do ambiente socioeconômico</b>	Participação em organizações coletivas	X11	Isaac (2012); Enriquez-Sanchez <i>et al.</i> (2017); Nankya <i>et al.</i> (2017); Filippini <i>et al.</i> (2020); Bernal-Hernández, Ramirez e Mosquera-Montoya (2021); Jones-Garcia e Krishna (2021); Kumar <i>et al.</i> (2021); Mulwa, Muyanga e Visser (2021); Siqueira <i>et al.</i> (2021).
	Acesso ao serviço de assistência técnica	X12	Leib <i>et al.</i> (2002); Isaac (2012); Bernal-Hernández, Ramirez e Mosquera-Montoya (2021); Jones-Garcia e Krishna (2021); Kumar <i>et al.</i> (2021).
	Acesso ao crédito	X13	Läpple, Renwick e Thorne (2015); Kumar <i>et al.</i> (2021).
	Participação do produtor em programas de treinamento	X14	Zakaria <i>et al.</i> (2020)
	Seguro agrícola	X15	Zakaria <i>et al.</i> (2020)

<b>Atributos da tecnologia</b>	Usabilidade da tecnologia	X16	Giua, Matera e Camanzi (2021)
<b>Especificidades do setor agropecuário</b>	Riscos agropecuários	X17	Yoder <i>et al.</i> (2021)

Fonte: elaborado pelos autores (2021)

A primeira categoria de fatores relaciona-se com as características do produtor rural e influenciam positivamente o processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário (Sadigov, 2018; Mungia; Llewellyn, 2020; Weersink; Fulton, 2020). O nível de escolaridade do produtor rural foi identificado como um fator que contribui para a adoção de tecnologia em propriedades rurais (Ashraf *et al.*, 2015; Läpple; Renwick; Thorne, 2015; Brown *et al.*, 2016; Brown; Roper, 2017; Mulwa; Muyanga; Visser, 2021). O maior nível de escolaridade dos produtores rurais foi importante para a adesão de práticas melhoradas de cultivo de citros em Punjab, Paquistão (Ashraf *et al.*, 2015).

Essa mesma influência do grau de escolaridade do indivíduo, no processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário, foi encontrada também nos estudos de Brown *et al.* (2016), que avalia a adesão de técnicas produtivas direcionadas para uma maior conservação do solo e da água entre os agricultores na Nova Zelândia. E também de Giua, Matera e Camanzi (2021) sobre os determinantes da adoção de *softwares* de gerenciamento em propriedades rurais, tendo como referência uma ampla revisão de literatura. Assim, o maior nível de instrução favorece a capacidade cognitiva dos produtores rurais na incorporação e utilização de tecnologias nas propriedades rurais (Brown; Roper, 2017).

A posse definitiva da terra também contribuiu para o processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário (Jones-Garcia; Krishna, 2021; Mulwa; Muyanga; Visser, 2021). A posse da terra foi determinante para a adesão de fertilizantes inorgânicos e sementes melhoradas entre os produtores rurais especializados na produção de grãos no Quênia (Mulwa; Muyanga; Visser, 2021) e no uso de tecnologias que promovem a intensificação sustentável no cultivo de milho entre os países do hemisfério Sul (Jones-Garcia; Krishna, 2021).

Outras características do produtor rural que exercem influência positiva no processo de adoção de tecnologia no setor rural foram o tamanho da família (Zakaria *et al.*, 2020; Kumar *et al.*, 2021), ser homem (Brown *et al.*, 2016), a experiência na atividade agropecuária (Kumar *et*

*al.*, 2021) e a robustez financeira (Brown *et al.*, 2016) (quadro 5). O tamanho da família relaciona-se com o número de membros que pode contribuir para a realização de atividades na propriedade rural (Zakaria *et al.*, 2020). A condição “ser homem” significa a situação de indivíduos do sexo masculino que gerenciam a propriedade rural (Brown *et al.*, 2016). A robustez financeira diz respeito à disponibilidade financeira para a realização de investimentos na propriedade (Brown *et al.*, 2016).

As características da propriedade rural, definidas como a segunda categoria de fatores, exerceram influência positiva na adoção de tecnologia no setor agropecuário (Sadigov, 2018; Mungia; Llewellyn, 2020; Weersink; Fulton, 2020). Em relação à empresa rural, destacam-se a influência positiva do tamanho da propriedade (Ashraf *et al.*, 2015; Läpple; Renwick; Thorne, 2015; Brown *et al.*, 2016; Giua; Materia; Camanzi, 2021), o uso distinto da terra (Brown *et al.*, 2016) e a qualidade do solo, ou nível de fertilidade e disponibilidade de nutrientes (Kumar *et al.*, 2021), na adoção de tecnologia nos empreendimentos agropecuários. O tamanho da propriedade pode estar associado à extensão territorial ou ao valor da receita bruta de um estabelecimento agropecuário (Giua; Materia; Camanzi, 2021). O uso distinto da terra, por sua vez, pode ser representado pela exploração simultânea do cultivo de grãos e criação de animais (Brown *et al.*, 2016).

A presença de equipamentos tecnológicos na propriedade rural também contribuiu para o processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário (Leib *et al.*, 2002; Filippini *et al.*, 2020; Giua; Materia; Camanzi, 2021; Jones-Garcia; Krishna, 2021; Salik *et al.*, 2021). Ficou comprovado que a utilização de celulares (Filippini *et al.*, 2020) e de rádio (Salik *et al.*, 2021) é fundamental para os produtores rurais terem acesso a informações de mercado; práticas produtivas, como de manejo do solo; seleção de cultivares e fertilizantes adequados; tratos culturais; e planejamento do ciclo produtivo. Por sua vez, os computadores foram utilizados para a implantação e monitoramento do sistema de irrigação (Leib *et al.*, 2002) e para a implantação de um sistema de gestão na fazenda (Giua; Materia; Camanzi, 2021).

As características do ambiente socioeconômico em que a propriedade rural está inserida compreenderam o terceiro grupo de fatores que podem influenciar positivamente o processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário (Sadigov, 2018; Mungia; Llewellyn, 2020; Weersink; Fulton, 2020). A participação dos produtores rurais em organizações coletivas favoreceu o processo de adoção de tecnologia em propriedades rurais. Em relação às

organizações formais, como as associações e cooperativas, tal resultado foi encontrado em Isaac (2012), Enriquez-Sanchez *et al.* (2017), Nankya *et al.* (2017), Bernal-Hernández, Ramirez e Mosquera-Montoya (2021) e Siqueira *et al.* (2021).

Destacam-se também outras formas de organizações coletivas que impulsionaram o processo de adoção de tecnologia no setor rural, como os grupos informais de produtores rurais (Filippini *et al.*, 2020; Jones-Garcia; Krishna, 2021; Kumar *et al.*, 2021). A inserção de produtores rurais em organizações coletivas possibilita a troca de informações e de experiências sobre o uso de tecnologias nas propriedades rurais (Nankya *et al.*, 2017).

A rede de contato estabelecida entre os produtores rurais na Itália tinha como finalidade o compartilhamento de máquinas e equipamentos e de mão de obra para auxiliar na realização de atividades práticas nas propriedades rurais, e o tipo de tecnologia utilizada foram *smartphones* para fins profissionais (Filippini *et al.*, 2020). A participação dos produtores rurais em redes de comercialização de grãos foi importante para o processo de adesão de sementes melhoradas geneticamente e de fertilizantes inorgânicos no Quênia (Mulwa; Muyanga; Visser, 2021).

O acesso ao serviço de assistência técnica foi outro fator que contribuiu para o processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário (Leib *et al.*, 2002; Isaac, 2012; Bernal-Hernández; Ramirez; Mosquera-Montoya, 2021; Jones-Garcia; Krishna, 2021; Kumar *et al.*, 2021). O auxílio da assistência técnica foi fundamental para a utilização do sistema de irrigação entre os produtores rurais nos Estados Unidos (Leib *et al.*, 2002); para a adesão de novas cultivares na Índia (Kumar *et al.*, 2021); e para a incorporação de novas práticas e insumos no sistema produtivo – como monitoramento da área de cultivo e uso de fertilizantes – de propriedades rurais na Colômbia (Bernal-Hernández; Ramirez; Mosquera-Montoya, 2021).

O acesso ao crédito, ou financiamento, foi um fator que exerceu influência positiva no processo de adoção de tecnologia no campo (Läpple; Renwick; Thorne, 2015; Kumar *et al.*, 2021). A oferta de crédito contribuiu para a adoção de tecnologias – como sistema de gerenciamento da propriedade, uso de TIC e testes de análise do solo – entre os produtores de carne bovina e de leite na Irlanda (Läpple; Renwick; Thorne, 2015), assim como na adesão de sementes melhoradas de arroz, milho e trigo entre os produtores rurais na Índia (Kumar *et al.*, 2021).

A participação dos produtores rurais em programas de treinamento também contribuiu para o processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário, pois possibilitou ao indivíduo acesso a conhecimentos e a informações sobre novas tecnologias do setor agropecuário. E o seguro agrícola foi determinante na adoção de tecnologias que promovem a intensificação sustentável – como sementes melhoradas geneticamente, cultivo de culturas de cobertura e adubação verde – na produção de alimentos em Gana (Zakaria *et al.*, 2020).

Os atributos da tecnologia compreenderam a quarta categoria e podem influenciar o processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário (Sadigov, 2018; Mungia; Llewellyn, 2020; Weersink; Fulton, 2020). A usabilidade da tecnologia foi outro fator que contribuiu para a adesão a novas técnicas e insumos produtivos em propriedades rurais (Giua; Materia; Camanzi, 2021). A usabilidade se relaciona com a facilidade de uso da tecnologia na propriedade rural. Quanto mais simples for a tecnologia, menores serão a dificuldade, o esforço e o tempo necessários para que o produtor rural consiga avaliar seu desempenho na forma de experimento e decida a melhor maneira de implementá-la na propriedade (Weersink; Fulton, 2020).

A quinta categoria de fatores relacionou-se com as especificidades do setor agropecuário, em que é possível verificar influência positiva dos riscos agropecuários – erosão e baixa fertilidade do solo, períodos prolongados de seca e padrão desuniforme de chuvas – sobre o processo de adoção de tecnologia nas propriedades rurais nos Estados Unidos (Yoder *et al.*, 2021).

O processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário é multidimensional e complexo, já que pode ser influenciado por uma série de fatores relacionados às características do produtor rural e da propriedade, do ambiente socioeconômico em que a empresa rural está inserida e dos atributos da tecnologia (Sadigov, 2018; Mungia; Llewellyn, 2020; Weersink; Fulton, 2020), bem como das especificidades do setor rural, por exemplo, os riscos agropecuários (Yoder *et al.*, 2021). Na figura 3, representa-se a estrutura conceitual relativa aos fatores descritos.

Figura 3 - Estrutura conceitual de categorias de fatores associados ao processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário



Fonte: elaborado pelos autores (2021).

A literatura internacional, sobre os determinantes do processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário, não conseguiu convergir para um modelo teórico que fosse capaz de fornecer uma explicação consistente da razão de os produtores rurais adotarem determinada técnica produtiva ou insumo na propriedade rural, bem como na indicação de variáveis que auxiliem na elaboração de políticas públicas que promovam o desenvolvimento rural (Mungia; Llewellyn, 2020). Por meio do desenvolvimento da estrutura conceitual (Figura 3), foi possível contribuir para o preenchimento desta lacuna.

A elaboração de políticas públicas de difusão de tecnologia no campo deve levar em consideração as especificidades dos países, que são diferentes em termos de características da população (aspectos culturais, nível de renda, nível de escolaridade, hábitos de consumo etc.), infraestrutura produtiva (estradas, disponibilidade de energia elétrica e internet, estrutura de armazenamento e escoamento da produção dos alimentos etc.) e disponibilidade de crédito e assistência técnica aos produtores rurais, características edafoclimáticas do território, entre outros aspectos (Garnett; Godfrey, 2012; Garnett *et al.*, 2013; Petry *et al.*, 2019).

A escolha de determinada tecnologia será feita com o intuito de atender aos objetivos e às metas pessoais do produtor rural, que podem ser de origem ambiental, econômica e social (Weersink; Fulton, 2020). Os objetivos e metas do indivíduo podem ser moldados em

consonância com os contextos socioeconômicos em que a propriedade rural estiver inserida (Pannell *et al.*, 2006).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário é complexo e multidimensional, sendo influenciado por uma série de fatores relacionados às características do produtor e da propriedade rural, do ambiente externo da propriedade rural, dos atributos da própria tecnologia e das especificidades do setor rural – representadas pelos riscos agropecuários. Os estudos analisados trataram de diversos tipos de atividades econômicas – produção animal e vegetal – para diferentes países, evidenciando, assim, que a estrutura conceitual foi desenvolvida considerando diferentes contextos do setor rural mundial.

Entre as categorias de tecnologias identificadas nos estudos avaliados, aquelas que promovem a intensificação sustentável (IS) do setor agropecuário se tornam relevantes num contexto de mudanças climáticas e aumento da demanda mundial por alimentos. Esse tipo de tecnologia permite que o produtor rural alcance aumento na produtividade do sistema de produção e na conservação dos recursos naturais (Pretty; Bharucha, 2014).

Uma lacuna observada por Munguia e Llewellyn (2020) foi a inexistência de um modelo teórico que indique as variáveis capazes de explicar a adoção de tecnologia no setor agropecuário e, com isso, ter a orientação adequada para o desenvolvimento de políticas públicas efetivas para a promoção do desenvolvimento rural nos países. Dessa forma, algumas variáveis se tornam mais relevantes quando se avalia o processo de adoção de tecnologia no campo, como a participação dos produtores rurais em organizações coletivas, o nível de escolaridade do produtor, o acesso ao serviço de assistência técnica, a presença de equipamento tecnológico na propriedade, o acesso ao crédito e o tamanho da propriedade.

Os resultados trazem importantes reflexões em relação à criação e ao incentivo de políticas públicas que promovam o desenvolvimento rural nos países. Sendo assim, são sugeridas ações de extensão rural de divulgação em massa – boletins técnicos, palestras, anúncios em rádio e televisão, cursos etc. – dos benefícios que o produtor rural pode alcançar se for membro de uma entidade de ação coletiva. O surgimento de organizações coletivas formais (associações e cooperativas) e informais (grupos de produtores) é importante para o

compartilhamento de experiências e conhecimentos sobre tecnologias entre os produtores rurais. Dessa forma, a elaboração de políticas públicas para a criação de organizações coletivas formais e informais pode contribuir para a difusão de tecnologia no setor agropecuário dos países.

É importante o desenvolvimento de ações que promovam a elevação do nível de escolaridade dos produtores rurais, como a criação de escolas técnicas em áreas rurais. Esse tipo de política pública pode auxiliar na capacitação dos produtores em aspectos relacionados à atividade agropecuária, como assuntos vinculados às práticas produtivas, ao gerenciamento administrativo da propriedade rural, aos mecanismos de comercialização e às políticas públicas setoriais.

Sugere-se também uma ampliação de políticas que promovam o acesso à assistência técnica e ao crédito, para a difusão tecnológica nas áreas rurais dos países. Por meio da assistência técnica, o produtor rural será capacitado para a utilização adequada da tecnologia e, por meio do crédito, terá condições de fazer os investimentos necessários para conduzir experimentos e modernizar o sistema produtivo da propriedade rural.

Uma limitação da presente pesquisa foi a possibilidade de exclusão não intencional de algum estudo relevante durante as etapas de desenvolvimento da revisão sistemática e a não exploração de outras bases de dados internacionais, como a *Emerald Insight*.

Como sugestão para pesquisas futuras, são necessárias a validação empírica da estrutura conceitual e a verificação de quais variáveis influenciam efetivamente o processo de adoção de tecnologia em determinada localidade de um país ou numa avaliação para uma nação. Vale ressaltar que o impacto de tais fatores pode ser diferenciado a depender de contextos como a diversidade de valores e normas que regem o comportamento dos indivíduos, os aspectos culturais, o apoio governamental, o tipo de atividade econômica explorada, entre outros aspectos.

## REFERÊNCIAS

ASHRAF, S.; KHAN, G. A.; ALI, S.; IFTIKHAR, M. Socio-economic determinants of the awareness and adoption of citrus production practices in Pakistan. **Ciência Rural**, v. 45, n. 9, p. 1701-1706, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131227>.

BERNAL-HERNÁNDEZ, P.; RAMIREZ, M.; MOSQUERA-MONTOYA, M. Formal rules and its role in centralised-diffusion systems: a study of small-scale producers of oil palm in Colombia. **Journal of Rural Studies**, v. 83, p. 215-225, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.11.006>.

BOENI, M.; COSTA, L. C.; TOMAZZI, D. J.; MICHELON, C. J.; MARTINS, J. D.; DEUSCHLE, D.; STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B. Culturas de cobertura de solo em sistemas de produção de grãos. Porto Alegre: DDPA, 2021.

BROWN, P.; HART, G.; SMALL, B.; MUNGUIA, O. M. O. Agents for diffusion of agricultural innovations for environmental outcomes. **Land Use Policy**, v. 55, p. 318-326, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.04.017>.

BROWN, P.; ROPER, S. Innovation and networks in New Zealand farming. **The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 61, n. 3, p. 422-442, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12211>.

BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, R. L. F. **Manual de avaliação de riscos na agropecuária: um guia metodológico**. Rio de Janeiro: ENS-CPES, 2017. 133 p.

CAMPBELL, B. M.; VERMEULEN, S. J.; AGGARWAL, P. K.; CORNER-DOLLOFF, C.; GIRVETZ, E.; LOBOGUERRERO, A. M.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; ROSENSTOCK, T.; SEBASTIAN, L.; THORNTON, P. K.; WOLLENBERG, E. Reducing risks to food security from climate change. **Global Food Security**, v. 11, p. 34-43, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.06.002>.

CHAVAS, J. P.; NAUGES, C. Uncertainty, learning, and technology adoption in agriculture. **Applied Economics Perspectives and Policy**, v. 46, n. 1, p. 42-53, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1002/aep.13003>.

ENRIQUEZ-SANCHEZ, J.; MUNOZ-RODRIGUEZ, M.; ALTAMIRANO-CARDENAS, J. R.; GANTE, A. V. Activation process analysis of the localized agri-food system using social networks. **Czech Academy of Agricultural Sciences**, v. 63, p. 121-135, 2017. Doi: <https://doi.org/10.17221/254/2015-AGRICECON>.

FILIPPINI, R.; MARESCOTTI, M. E.; DEMARTINI, E.; GAVIGLIO, A. Social networks as drivers for technology adoption: a study from a rural mountain area in Italy. **Sustainability**, v. 12, n. 22, p. 1-18, 2020. Doi: <https://doi.org/10.3390/su12229392>.

FORMENTINI, E. A. Cartilha sobre adubação verde e compostagem. Vitória: INCAPER, 2008.

FORNAZIER, A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Heterogeneidade estrutural do setor agropecuário brasileiro: evidências a partir do Censo Agropecuário de 2006. Rio de Janeiro: IPEA, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/1255>.

GARNETT, T.; APPLEBY, M. C.; BALMFORD, A.; BATEMAN, I. J.; BENTON, T. G.; BLOOMER, P.; BURLINGAME, B.; DAWKINS, M.; DOLAN, L.; FRASER, D.;

HERRERO, M.; HOFFMANN, I.; SMITH, P.; THORNTON, P. K.; TOULMIN, C.; VERMEULEN, S. J.; GODFRAY, H. C. J. Sustainable intensification in agriculture: premisses and policies. **Science**, v. 341, n. 6141, p. 33-34, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1126/science.1234485>.

GARNETT, T.; GODFRAY, C. J. H. **Sustainable intensification in agriculture**: navigating a course through competing food systems priorities. Oxford: Oxford Martin Programme on the Future of Food & Food Climate Research Network, 2012.

GIUA, C.; MATERIA, V. C.; CAMANZI, L. Management information system adoption at the farm level: evidence from the literature. **British Food Journal**, v. 123, n. 3, p. 884-909, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2020-0420>.

GONÇALVES, S. L.; GAUDENCIO, C. A.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R.; GARCIA, A. **Rotação de culturas**. Londrina: EMBRAPA, 2007.

ISAAC, M. E. Agricultural information exchange and organizational ties: the effect of network topology on managing agrodiversity. **Agricultural Systems**, v. 109, p. 9-15, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.01.011>.

JONES-GARCIA, E.; KRISHNA, V. V. Farmer adoption of sustainable intensification Technologies in the maize systems of the Global South: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 41, n. 8, p. 1-20, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00658-9>.

KUMAR, A.; HAZRANA, J.; NEGI, D. S.; BIRTHAL, P. S.; TRIPATHI, G. Understanding the geographic pattern of diffusion of modern crop varieties in India: a multilevel modeling approach. *Food Security*, v. 13, p. 637-651, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01114-y>.

LÄPPLE, D.; RENWICK, A.; THORNE, F. Measuring and understanding the drivers of agricultural innovation: evidence from Ireland. **Food Policy**, v. 51, p. 1-8, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.11.003>.

LEIB, B. G.; HATTENDORF, M.; ELLIOTT, T.; MATTHEWS, G. Adoption and adaptation of scientific irrigation scheduling: trends from Washington, USA as of 1998. **Agricultural Water Management**, v. 55, n. 2, p. 105-120, 2002. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(01\)00191-3](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(01)00191-3).

LOPES, M. A. O futuro da gestão de riscos na agropecuária. **Revista de Política Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 3-7, 2017.

MANDA, J.; ALENE, A. D.; GARDEBROEK, C.; KASSIE, M.; TEMBO, G. Adoption and impacts of sustainable agricultural practices on maize yields and incomes: evidence from rural Zambia. **Journal of Agricultural Economics**, v. 67, n. 1, p. 130-153, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12127>.



MATZDORF, B.; LORENZ, J. How cost-effective are result-oriented agri-environmental measures? – An empirical analysis in Germany. **Land Use Policy**, v. 27, n. 2, p. 535-544, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.07.011>.

MOREIRA, D. A.; QUEIROZ, A. C. S. Inovação: conceitos fundamentais. In: MOREIRA, D. A.; QUEIROZ, A. C. S. (Coords.). **Inovação organizacional e tecnológica**. (p. 1-23). São Paulo: Thomson Learning, 2007.

MULWA, C. K.; MUYANGA, M.; VISSER, M. The role of large traders in driving sustainable agricultural intensification in smallholder farms: evidence from Kenya. **Agricultural Economics**, v. 52, n. 2, p. 329-341, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1111/agec.12621>.

MUNGUIA, O. M. O.; LLEWELLYN, R. The adopters versus the technology: which matters more when predicting or explaining adoption? **Applied Economics Perspectives and Policy**, v. 42, n. 1, p. 80-91, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1002/aepp.13007>.

NANKYA, R.; MULUMBA, J. W.; CARACCILO, F.; RAIMONDO, M.; SCHIAVELLO, F.; GOTOR, E.; KIKULWE, E.; JARVIS, D. I. Yield perceptions, determinants and adoption impact of farm varietal mixtures for common bean and banana in Uganda. **Sustainability**, v. 9, n. 8, p. 1-15, 2017. Doi: <https://doi.org/10.3390/su9081321>.

PANNELL, D. J.; CLAASSEN, R. The roles of adoption and behavior change in agricultural policy. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 46, n. 11, p. 31-41, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1002/aepp.13009>.

PANNELL, D. J.; MARSHALL, G. R.; BARR, N.; CURTIS, A.; VANCLAY, F.; WILKINSON, R. Understanding and promoting adoption of conservation practices by rural landholders. **Australian Journal International Agriculture**, v. 46, n. 11, p. 1407-1424, 2006. Doi: <https://doi.org/10.1071/EA05037>.

PETRY, J. F.; SEBASTIÃO, S. A.; MARTINS, E. G.; BARROS, P. B. A. Inovação e difusão de tecnologia na agricultura de várzea na Amazônia. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 23, n. 5, p. 619-635, 2019. Doi: <http://doi.org/10.1590/1982-7849rac2019190024>.

PRETTY, J.; BRARUCHA, Z. P. Sustainable intensification in agricultural systems. **Annals of Botany**, v. 114, n. 8, p. 1571-1596, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1093/aob/mcu205>.

PRETTY, J.; TOULMIN, C.; WILLIAMS, S. Sustainable intensification in African agriculture. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 9, n. 1, p. 5-24, 2011. Doi: <https://doi.org/10.3763/ijas.2010.0583>.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. New York: The Free Press, 2003. 551p.

SADIGOV, T. Adoption of agricultural innovation in Azerbaijan: no prospects for modernization. **Caucasus Survey**, v. 6, n. 1, p. 42-61, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1080/23761199.2017.1402570>.

SALIK, M. H.; TANWIR, F.; SABOOR, A.; AKRAM, M. B.; ANJUM, F.; MEHDI, M.; ASHRAF, I.; NAAZER, M. A.; SULEMAN, M.; LATIF, M.; AHMAD, M. S.; YASMIN, S.; ASGHAR, K. Role of radio communication and adoption of modern agricultural technology: a study of farmers in district Jhang, Punjab-Pakistan. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v. 58, n. 2, p. 731-738, 2021. Doi: <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/21.1101>.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; ACOSTA, A. S.; CARVALHO, O. S. Princípios básicos de consorciação de culturas. Passo Fundo: EMBRAPA, 2007.

SIQUEIRA, T. T. S.; GALLIANO, D.; NGUYEN, G.; BÁNKUTI, F. I. Organizations forms and agri-environmental practices: the case of Brazilian dairy farms. **Sustainability**, v. 13, n. 7, p. 1-19, 2021. Doi: <https://doi.org/10.3390/su13073762>.

SOUZA FILHO, H. M.; BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, J. M. F. J.; VINHOLIS, M. M. B. Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 28, n. 1, p. 223-255, 2011. Doi: <http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2011.v28.12041>.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 282p.

VEEN, M. V. D. Agricultural innovation: invention and adoption or change and adaptation? **World Archaeology**, v. 42, n. 1, p. 1-12, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1080/00438240903429649>.

WEERSINK, A.; FULTON, M. Limits to profit maximization as a guide to behavior change. **Applied Economics Perspectives and Policy**, v. 42, n. 1, p. 1-13, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1002/aep.13004>.

YODER, L.; HOUSER, M.; BRUCE, A.; SULLIVAN, A.; FARMER, J. Are climate risks encouraging cover crop adoption among farmers in the southern Wabash River Basin? **Land Use Policy**, v. 102, e105268, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105268>.

ZAKARIA, A.; AZUMAH, S. B.; APPIAH-TWUMASI, M.; DAGUNGA, G. Adoption of climate-smart agricultural practices among farm households in Ghana: the role of farmer participation in training programmes. **Technology in Society**, v. 63, e101338, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101338>.