

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Juliana de Jesus Mendes**

**DETERMINANTES DA ADOÇÃO DE SMARTPHONES E FERRAMENTAS  
DE COMPARTILHAMENTO DE MENSAGEM POR PRODUTORES  
RURAIS**

**SÃO CARLOS**

**2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA DEPARTAMENTO**  
**DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Juliana de Jesus Mendes**

**DETERMINANTES DA ADOÇÃO DE SMARTPHONES E FERRAMENTAS DE**  
**COMPARTILHAMENTO DE MENSAGEM POR**  
**PRODUTORES RURAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestra no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo José Carrer  
Coorientadora: Dra. Marcela de Mello Brandão Vinholis

**SÃO CARLOS**

**2023**

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Número de artigos por ano de publicação .....	20
<b>Figura 2</b> – Número de artigos publicados por revista.....	20
<b>Figura 3</b> – Número de publicações por país (Amostra) .....	21
<b>Figura 4</b> – Fatores determinantes no processo de adoção de tecnologias digitais por produtores rurais. ....	29

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

<b>Tabela 1</b> – Palavras-chaves utilizadas na pesquisa de trabalho .....	18
<b>Tabela 2</b> – Processo de seleção de artigos .....	18
<b>Tabela 3</b> – Síntese da revisão de literatura.....	22
<b>Tabela 4</b> – Incidência dos fatores determinantes da adoção de tecnologias digitais por produtores rurais .....	25

### ARTIGO 2

<b>Tabela 1</b> – Variáveis utilizadas no modelo de Poisson double hurdle.....	44
<b>Tabela 2</b> – Comparação entre participantes e não participantes em grupos de compartilhamento de informações agropecuárias para a tomada de decisões de gestão. ....	45
<b>Tabela 3</b> – Variáveis usadas nos modelos OLS e 3SLS para analisar o impacto de participação dos produtores em grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias sobre a renda por hectare das fazendas. ....	47
<b>Tabela 4</b> – Estimativas do modelo econométrico Poisson hurdle: determinantes da participação e intensidade de participação dos produtores em grupos de compartilhamento de informações agropecuárias.....	48
<b>Tabela 5</b> – Estimativas dos modelos OLS e 3SLS para determinantes da renda por hectare .....	52

## Sumário

Resumo .....	7
Abstract.....	8
1. <b>Introdução.....</b>	<b>9</b>
1.1 Objetivos .....	11
1.2 Justificativas .....	12
1.3 . Estrutura da dissertação .....	13
2. <b>Fatores determinantes da adoção de tecnologias digitais por produtores rurais: Uma revisão sistemática da literatura.....</b>	<b>15</b>
Resumo .....	15
2.1 Introdução.....	16
2.2 Metodologia.....	17
2.2.1 Seleção de estudos.....	18
2.3 Fatores que influenciam a adoção de tecnologias digitais por produtores rurais.....	21
2.3.1 Fatores Individuais .....	25
2.3.2 Fatores do Negócio.....	26
2.3.3 Fatores Sociais .....	27
2.3.4 Fatores Tecnológicos.....	28
2.4 Considerações Finais.....	29
3. <b>Adoção e impactos da participação em aplicativos de mensagens e grupos de compartilhamento de informações agropecuárias: uma análise empírica com produtores brasileiros.....</b>	<b>31</b>
Resumo.....	31
3.1 Introdução.....	32
3.2 Referencial teórico e hipóteses .....	35
3.2.1 Capital Humano .....	36
3.2.2 Características Comportamentais .....	38

3.2.3	Características Gerenciais.....	39
3.2.4	Interação Social.....	40
3.2.5	Escala de produção.....	41
3.2.6	Impacto da tecnologia digital no desempenho das fazendas.....	42
3.3	Material e Métodos.....	42
3.3.1	Amostra e variáveis de análise.....	42
3.3.2	Modelos econométricos.....	43
3.3.2.1	Modelo Poisson Double-Hurdle.....	43
3.3.2.2	Análise de impacto.....	46
3.4	Resultados e discussão.....	48
3.5	Conclusões.....	54
4.	<b>Conclusões.....</b>	<b>56</b>
	<b>Referências.....</b>	<b>58</b>

**Resumo:** Essa dissertação teve como objetivos identificar os fatores determinantes da adoção de tecnologias digitais por produtores rurais, bem como os impactos da adoção dessas inovações no desempenho econômico das fazendas. O trabalho foi organizado no formato de dois artigos científicos. O primeiro artigo apresenta uma revisão sistemática de literatura sobre os fatores determinantes da adoção de inovações digitais por produtores rurais de diferentes países. Foram revisados estudos no período de tempo compreendido de 2010 até 2022 em três bases: Scopus, Periódicos Capes e Science Direct. De uma base inicial de 131 artigos, 21 foram selecionados e analisados. Uma característica que se destaca entre as pesquisas selecionadas é a distribuição geográfica difusa dos estudos, com destaque para o Brasil e Alemanha. A análise dos resultados desses artigos conduziu a um total de 21 fatores determinantes. Os fatores relacionados ao negócio e capital humano/características pessoais dos produtores se apresentaram como os mais relevantes para determinar a adoção das tecnologias digitais. A escala de produção se mostrou como fator determinante da adoção em aproximadamente 85% dos artigos analisados, sendo seguida por dois aspectos pessoais, a educação e a idade (efeito geralmente negativo) dos produtores. O segundo artigo apresenta análises econométricas dos determinantes da participação de produtores rurais em grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias, bem como dos seus impactos no desempenho das propriedades rurais. Dados primários da safra 2015/2016 de uma amostra de 175 produtores foram analisados por meio de estatística descritiva e modelos econométricos. O modelo Poisson Double Hurdle mostrou que a decisão dos produtores rurais de participar dos grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias é determinada pela escolaridade, idade (efeito negativo) e uso de ferramentas para planejar a produção. Por sua vez, a intensidade da participação é influenciada pela propensão ao risco, interação com consultores especializados, uso de ferramentas de planejamento da produção e participação em cooperativas. Um segundo estágio de análises trouxe evidências empíricas de que a participação dos produtores nos grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias exerce efeito positivo e estatisticamente significativo na renda por hectare das propriedades rurais. Os resultados desta dissertação são importantes para acelerar a difusão de tecnologias digitais na agropecuária. A difusão dessas tecnologias é importante para reduzir a heterogeneidade e aumentar o bem estar econômico dos produtores rurais.

**Palavras-chave:** tecnologias digitais; adoção de inovações; acesso à informação; impacto.

**Abstract:** This study aimed to identify the determinants of farmers' participation in agricultural information-sharing digital groups and their impacts on farm performance. The work was organized in the format of two scientific articles. The first article presents a systematic literature review on the determinants of the adoption of digital innovations by farmers from different countries. Articles in the period of 2010 to 2022 were reviewed in three databases: Scopus, *Periódicos Capes* and Science Direct. From an initial base of 131 articles, 21 were selected for the purposes of this review. The review showed a diffuse geographic distribution of the studies, with emphasis in Brazil and Germany. The analysis of the results of the reviewed articles indicated a total of 21 determining factors. Factors related to the business and human capital/personal characteristics of the farmers were the most relevant to determine the adoption of technologies. The scale of production proved to be a determining factor of adoption in approximately 85% of the analyzed articles, followed by two personal aspects: education and age (a generally negative effect). The second article presents econometric analyzes of the determinants of farmers' participation in agricultural information-sharing digital groups, as well as their impacts on farms performance. Primary data of the 2015/2016 crop year collected from 175 cattle farmers were analyzed using descriptive statistics and econometric models. Farmers who had smartphones and participated in social groups/applications, especially those created to exchange agricultural information, were considered adopters of the technology. A Poisson hurdle model showed that farmers' decision to participate in agricultural information-sharing digital groups is determined by schooling, age (negative effect) and use of tools for planning production. The intensity of participation is affected by risk propensity, interaction with specialist advisors, use of tools for planning production and participation in cooperatives. The authors also found empirical evidence that farmers' participation in agricultural information-sharing digital groups positively affects farm income per hectare. The results of this dissertation are important to accelerate the diffusion of digital technologies in agriculture. The diffusion of these technologies is important to reduce heterogeneity and increase the economic well-being of producers.

**Key-words:** digital farming; innovation adoption; information access; impact analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

Invenção e inovação são dois fenômenos que caminham juntos e que originam-se a partir de esforços para lidar com um dado problema. A inovação consiste em uma alteração radical ou incremental em determinado processo ou produto para se suprir alguma questão econômica. O processo de adoção de uma inovação tecnológica por uma organização ou indivíduo em um dado momento caracteriza a difusão dessa tecnologia (Schumpeter, 1939). A difusão das inovações tecnológicas é fundamental para aumentar a rentabilidade, qualidade e sustentabilidade na produção de bens e serviços (Monte e Teixeira, 2006; Vinholis et al., 2021).

Segundo, a FAO, Organização das Nações Unidas para a alimentação e agricultura, em relatório do ano de 2020, a abordagem conhecida como SFA, abordagem para alimentos e agricultura sustentável, é baseada em cinco princípios: a evolução e consequente aumento da produtividade dos sistemas agrícolas; proteção dos recursos naturais; melhoria nos modelos de subsistência; resiliência e políticas de governança, aliado a isso, crê-se que as tecnologias digitais podem se apresentar como peça chave nesse movimento de maximizar a produção mas sem que para isso os recursos naturais sejam impactados ou explorados à exaustão.

A inovação nos processos de produção agropecuária tem sido apontada como responsável por um conjunto de benefícios econômicos, sociais e ambientais; seja pela maior eficiência no uso dos insumos, pela diversificação da produção ou pela geração de renda aos produtores. Portanto, a inovação tecnológica pode ser considerada um dos principais direcionadores da competitividade nas cadeias de produção agroindustriais (Batalha e Souza Filho, 2009; Vinholis, 2013; Magalhães e Santana, 2016)

A adoção de uma inovação tecnológica é uma escolha individual do produtor condicionada tanto às suas condições socioeconômicas e comportamentais, como também aos aspectos institucionais, organizacionais e geográficos que afetam na tomada de decisão. Assim, ainda que muitos produtores tenham conhecimento das inovações tecnológicas disponíveis, nem todos as adotam, criando um cenário de heterogeneidade tecnológica que pode atrasar o desenvolvimento socioeconômico da agropecuária (Khan et al, 1991; Mesquita, 1998; Zhai et al, 2020).

Se uma nova tecnologia representa uma melhoria em relação às tecnologias existentes, investigações sobre as razões que levam alguns produtores a adotarem a tecnologia mais tardiamente, ou não adotarem, são importantes (Geroski, 2000). Neste

caso, o processo de adoção da tecnologia é influenciado por um conjunto de fatores específicos que podem acelerar, retardar ou mesmo inviabilizar a adoção por certos grupos de firmas (Sunding e Zilberman, 2001). Na agricultura, um conjunto de fatores de natureza diversa, envolvendo desde condicionantes sistêmicos até características individuais dos agricultores e da propriedade rural, explica as diferenças no processo de adoção de inovações tecnológicas (Souza Filho et al., 2011).

A 4ª Revolução Industrial, também nomeada de Indústria 4.0, vem alterando a

forma como as empresas organizam suas atividades de produção, distribuição e comercialização. Esta revolução caracteriza-se especialmente pelo desenvolvimento de um conjunto de tecnologias que promovem a interação de equipamentos físicos de produção com sistemas de apoio à tomada de decisão, como, por exemplo, a Internet das Coisas, computação em nuvem, manufatura aditiva, sistemas informatizados de integração e inteligência artificial. Todas essas inovações, potencializadas pelo desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação, têm potencial de tornar os processos produtivos e as cadeias de abastecimento autônomas, inteligentes e mais eficientes no uso dos recursos (Andersson et al, 2016; Carrer et al., 2017; Massruhá et al., 2020; Liu et al, 2021; Carrer et al. 2022)

Tal revolução, que teve suas origens na indústria manufatureira, vem se difundindo por todos os setores de atividade econômica, incluindo o agronegócio, em movimento chamado de Agricultura 4.0 ou smart farming. A Agricultura 4.0 se fundamenta na difusão de um conjunto de tecnologias digitais (notadamente oriundas da revolução 4.0) com os objetivos de aumentar a produtividade dos fatores de produção; otimizar a alocação de recursos; adaptar a produção rural às mudanças climáticas e reduzir desperdícios na produção e distribuição de alimentos (Zhai et al, 2020; Liu et al, 2021).

O conceito de Agricultura 4.0 envolve a expansão do conceito de agricultura de precisão, que enfatiza procedimentos de produção que envolvem não apenas a obtenção de dados relevantes e seu tratamento, mas também processos agrícolas inteligentes e conectados usando tecnologias digitais. A Agricultura 4.0 é construída sobre quatro pilares: gestão orientada por dados, produção baseada em novas ferramentas, sustentabilidade e profissionalização. A Internet móvel, a Internet das Coisas, a visão computacional e a tomada de decisão inteligente estão levando a agricultura a uma abordagem de gerenciamento mais enxuta e eficiente (Javaid et al., 2022).

De acordo com Araújo et al (2021), as principais inovações da Agricultura 4.0 residem no caráter digital e instantâneo com que os dados dos diferentes processos são gerados e apresentados, bem como na acurácia das informações que são obtidas por meio de sensores e inteligência artificial, as quais são armazenadas, processadas, analisadas e compartilhadas no processo de tomada de decisão.

As tecnologias mais relevantes no universo da agricultura 4.0 são os softwares e aplicativos de apoio à tomada de decisão, as imagens de satélite, os sistemas de GNSS, os

mapas de produtividade, os robôs agrícolas, os sensores que coletam e armazenam dados, os sistemas integrados de análise de dados e os veículos aéreos não tripulados.

A adoção de tecnologias da Agricultura 4.0, tais como sistemas informatizados de gestão, aplicativos para compartilhamento de informações agropecuárias, sensores para monitoramento da produção e técnicas de agricultura de precisão pode ter significativos impactos econômicos e ambientais nas propriedades rurais e cadeias de produção agroindustriais. Não obstante a isso, as heterogeneidades entre as propriedades rurais podem se intensificar ainda mais com a difusão heterogênea das tecnologias digitais, sobretudo entre os pequenos e os grandes produtores, notadamente porque estes últimos possuem menores restrições à adoção dessas tecnologias (Koellinger, 2008; Carrer et al., 2017; Pivoto et al, 2018; Giua et al, 2020; Carrer et al., 2022).

Dados dos Censos Agropecuários (2016 e 2017) indicam que o número de estabelecimentos rurais com acesso à internet cresceu de 1,8% em 2006 para 28% do total dos estabelecimentos em 2017. Em que pese esse crescimento e os potenciais benefícios socioeconômicos e ambientais das tecnologias da Agricultura 4.0, a difusão dessas tecnologias ainda é heterogênea entre os produtores rurais brasileiros. Estudos empíricos demonstram que o desenvolvimento de tecnologias digitais (ou 4.0) com aplicação para o campo vem ocorrendo em alta velocidade. Contudo, o processo de adoção dessas tecnologias pelos produtores não se desenvolve do mesmo modo, o que resulta em heterogeneidades de desempenho consideráveis (Barnes et al, 2018; Knierim et al, 2019; Rose et al, 2019; Liu et al, 2021). Existem diferentes fatores econômicos, sociais, institucionais e comportamentais que podem acelerar, retardar ou até inviabilizar a adoção dessas tecnologias pelos produtores (Carrer et al., 2017; Pivotto et al., 2019; Barnes et al, 2019).

A identificação desses fatores é de fundamental importância para uma melhor compreensão do processo decisório dos produtores e, conseqüentemente, para a formulação de estratégias e políticas de difusão tecnológica no agronegócio nacional. Neste sentido, esse trabalho tem como intuito responder à seguinte questão central de pesquisa:

*Quais são os fatores que afetam as decisões de adoção de tecnologias digitais por produtores rurais?*

## **1.1 Objetivos**

O objetivo central desta dissertação de mestrado é identificar os fatores que

determinam as decisões de adoção de tecnologias digitais por produtores rurais. Os objetivos específicos são:

- (i) realizar uma revisão de literatura que apresente os principais fatores determinantes da adoção de tecnologias digitais por produtores rurais de diferentes países;
- (ii) elaborar um modelo analítico com hipóteses dos fatores determinantes da adoção das tecnologias digitais;
- (iii) estimar modelos econométricos para testar as hipóteses dos fatores determinantes da adoção e uso de tecnologias digitais por produtores rurais;
- (iv) avaliar o impacto da adoção dessas tecnologias sobre a renda gerada nas propriedades rurais.

## **1.2 Justificativas**

A agropecuária se caracteriza como atividade de suma relevância para a economia nacional. As transformações globais nos aspectos econômico, social, ambiental e tecnológico que permeiam a agropecuária nacional são importantes para direcionar o futuro dessa importante atividade econômica. O principal movimento tecnológico de transformação que vem impactando o agronegócio nacional tem seus pilares nas tecnologias advindas da chamada Revolução 4.0 (Massruhá et al., 2020).

Essa revolução visa um setor agrícola inserido na lógica sustentável, conectada e inteligente, o que seria alcançado por meio da coleta, processamento, compartilhamento e análise de dados de todos os processos de produção, comercialização e distribuição de produtos e insumos agroindustriais. Tal revolução se pauta no gerenciamento de operações em tempo real, com alto grau de automação e tomada de decisões fundamentadas em análise racional e preditiva de dados, de modo que haja ganhos de produtividade, eficiência e redução no uso de recursos naturais. (Liu et al, 2021)

Nesse cenário de transformações, emerge o conceito conhecido como “smart farming” ou fazendas inteligentes, em que todos os processos estão envoltos por tecnologias e os dados dos animais e tudo relacionado a eles, são coletados a todo momento por meio de sensores, máquinas inteligentes, robôs e computação em nuvem. Esse movimento nasce orientado em primeiro lugar ao aumento da produção e da produtividade, que deverão se materializar por meio do uso das tecnologias 4.0 (Regan, 2019; Bronson 2018; Wolfert et al, 2017)

Dessa revolução tecnológica são provenientes atividades autônomas e dispositivos de inteligência artificial responsáveis por grande parte das atividades operacionais. No entanto, o homem segue envolvido no processo, porém espera-se que este apresente uma visão muito mais tecnicista e que seja capaz de operar as tecnologias digitais (Wolfert et al, 2017). Compreender a transformação no perfil do produtor rural decorrente das inovações demonstra o apelo ao aspecto social que tal pesquisa tem, de modo que as tecnologias podem vir a se tornar o caminho para que também os pequenos produtores alcancem melhores resultados em sua propriedade.

Assim, identificar quais são os fatores que determinam a tomada de decisão de um produtor em adotar ou não adotar as inovações da agricultura digital permite que políticas públicas e estratégias privadas orientadas à atividade sejam capazes de atingir o cerne da questão, a fim de minimizar as heterogeneidades existentes na produção rural.

Um maior conhecimento do perfil e dos fatores que determinam a adoção de tecnologias digitais é fundamental para acelerar a difusão dessas tecnologias e, conseqüentemente, diminuir as heterogeneidades entre os produtores. Desse modo, esta dissertação busca contribuir para a literatura ao identificar e analisar os fatores determinantes da adoção das tecnologias digitais por produtores rurais.

### **1.3. Estrutura da dissertação**

O desenvolvimento da presente dissertação se dá por meio de dois artigos, apresentados nas seções subsequentes, e uma conclusão geral. Os dois artigos podem ser lidos de forma independente, apesar de se complementarem.

O primeiro artigo, apresentado no capítulo 2 da dissertação, se caracteriza por ser uma revisão da literatura que busca identificar quais são os principais fatores determinantes da adoção de tecnologias digitais presentes em artigos publicados em periódicos científicos das bases de periódicos Capes, Scopus e Science Direct no período de 2010-2022.

Por sua vez, o segundo artigo apresenta uma análise empírica dos fatores determinantes e dos impactos da adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações técnicas e econômicas para o gerenciamento de propriedades rurais com base em dados primários de uma amostra de 175 pecuaristas do Estado de São Paulo. Este artigo utiliza-se de modelos econométricos para identificar fatores determinantes e impactos da adoção dos aplicativos de compartilhamento de informações agropecuárias em

tempo real. Este artigo teve uma versão preliminar publicada no 60º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural e a versão final publicada no periódico *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*.

O trabalho se encerra com um capítulo de considerações finais que busca sintetizar os resultados dos artigos e apresentar as implicações desta dissertação.

## 2. FATORES DETERMINANTES DA ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS POR PRODUTORES RURAIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

**Resumo:** Este artigo apresenta uma revisão sistemática de literatura sobre os fatores determinantes da adoção de inovações digitais por produtores rurais de diferentes países. Para tanto, foram revisados estudos no período de tempo compreendido de 2010 até 2022 em três bases: Scopus, Periódicos Capes e Science Direct. De uma base inicial de 131 artigos, 21 foram selecionados para os propósitos desta revisão. Uma característica que se destaca entre as pesquisas selecionadas é a distribuição geográfica difusa dos estudos, com destaque para o Brasil e Alemanha. Assim, percebe-se que as inovações da agricultura digital estão sendo adotadas e estudadas em diferentes países. A análise dos resultados desses artigos conduziu a um total de 21 fatores determinantes. Os fatores relacionados ao negócio e capital humano/características pessoais dos produtores se apresentam como os mais relevantes para determinar a adoção das tecnologias. A escala de produção se mostrou como fator determinante da adoção em aproximadamente 85% dos artigos analisados, sendo seguida por dois aspectos pessoais, a educação e a idade (efeito geralmente negativo). Muitas vezes, fatores como escala de produção, escolaridade, acesso ao crédito e assistência técnica se constituem em barreiras à adoção das inovações digitais pelos produtores rurais, o que deve ser considerado na elaboração de políticas e estratégias de difusão dessas inovações.

**Palavras-chave:** tecnologias digitais; revisão de literatura; adoção.

**Abstract:** This article presents a literature review on the determining factors for the adoption of digital innovations by rural producers in different countries. For this purpose, studies in the period from 2010 to 2022 were reviewed in three databases: Scopus, Periódicos Capes and Science Direct. From an initial base of 131 articles, 21 were selected for the purposes of this review. A characteristic that stands out among the selected studies is the diffuse geographic distribution of the studies, with emphasis on Brazil and Germany. Thus, it is clear that the innovations of digital agriculture are being adopted and studied in different countries. The analysis of the results of these articles led to a total of 21 determining factors. Factors related to the business and human capital/personal characteristics of the producers are the most relevant to determine the adoption of technologies. The scale of production proved to be a determining factor for adoption in

approximately 85% of the analyzed articles, followed by two personal aspects, education and age (a generally negative effect). Often, factors such as production scale, education, access to credit and technical assistance constitute barriers to the adoption of digital innovations for rural production, which should be considered in policies and strategies that aim the greater diffusion of these innovations.

**Keywords:** digital technologies; literature review; adoption.

## 2.1 Introdução

Os processos tecnológicos vêm se difundindo nos mais diferentes setores econômicos e sociais. A agropecuária é um desses espaços, em que o desenvolvimento e adoção de novas tecnologias ganharam terreno. Nesse cenário, surge um novo modelo de produção e negócio, as “*smart farmings*”. Esse processo de transformação vem sendo descrito de diferentes formas, de “agricultura digital”, “agricultura 4.0” à agricultura de precisão”. Independente da denominação, o que se compreende é que o principal aspecto da era de transformação tecnológica no mundo rural é a busca pelo aumento da produtividade dos fatores, mas sem que para isso, necessariamente, tenha que ocorrer impacto ambiental ou uso de produtos e ciclos químicos que degradem o ambiente (Shanget al, 2021; Ruzzante, et al. 2021; Giua et al, 2022).

Mas o que de fato seria essa chamada “agricultura 4.0”? O termo 4.0 é cunhado como uma referência um novo período de transformação, que pode ser chamado de 4ª Revolução Industrial. Este ecossistema socioeconômico vem a se caracterizar essencialmente pelo uso incessante de tecnologias de automação de processos, coleta, análise e integração de dados. A utilização de ferramentas como a chamada internet das coisas (IoT), análise de grandes bases de dados (big data) e a computação em nuvem, que sustentam nas chamadas tecnologias de informação e comunicação (TICs), são exemplos. Desse modo, as tecnologias passam a ser utilizadas de modo a transformar os processos de produção em sistemas mais autônomos e inteligentes, com alta capacidade de geração e processamento de dados que podem ser usados para melhorar a tomada de decisão dos agricultores, resultando em maior produtividade nos processos e qualidade nos produtos (Liu et al, 2018; Schutze et al, 2018; Nascimento et al, 2019). Em linhas gerais, compreende-se que o desenvolvimento e difusão das tecnologias da “Indústria 4.0” foram a peça chave para a mudança da dinâmica tecnológica, com efeitos de transbordamento para

os outros macrossetores de atividade econômica (Bai et al, 2020; Mubarak e Petraite, 2020). No cenário agrícola, as tecnologias 4.0 vem ganhando cada vez mais espaço e se apresentando como elemento de transformação dos processos de produção e gerenciamento das atividades agropecuárias.

A “smart farming”, que pode ser compreendida como o processo de adoção de um conjunto de tecnologias digitais capazes de transformar os métodos de produção e gestão, com o objetivo de reduzir desperdícios e aumentar a produtividade, além de ser capaz de atender às crescentes necessidades de produção de alimentos, pode também contribuir para reduzir impactos ambientais da agropecuária (Gupta et al, 2020; Navarro et al, 2020).

Nessa nova era digital, cada vez mais agricultores vem utilizando diferentes dispositivos tecnológicos em suas propriedades (Carrer et al., 2017; Carrer et al., 2022). No entanto, a difusão de modo amplo e atingindo os mais diversos perfis agrícolas, ainda é uma questão distante, já que as taxas de utilização das tecnologias digitais ainda são baixas, heterogêneas e impulsionadas por uma série de condicionantes (Giua et al, 2022).

Desse processo heterogêneo de difusão das tecnologias digitais nasce o cerne deste artigo, que tem como principal objetivo compreender como se dá o processo decisório de adoção das inovações digitais por produtores rurais de diferentes países. Especificamente, pretendem-se identificar os principais fatores que se apresentam como determinantes dessas decisões. Para tal, foi desenvolvida uma revisão de literatura sistematizada que encontrou um conjunto de estudos empíricos sobre fatores determinantes da adoção de diferentes tecnologias digitais por produtores rurais.

O presente artigo se divide em 4 seções. A próxima seção apresenta os aspectos metodológicos de construção da revisão. A terceira seção mostra os resultados da revisão de literatura, enfatizando os estudos revisados, as tecnologias digitais analisadas e os fatores determinantes das decisões de adoção. Por fim, a quarta seção apresenta as conclusões do artigo.

## **2.2 Metodologia**

Este estudo se caracteriza como uma revisão sistemática de literatura com o objetivo compreender, por meio de pesquisas aplicadas prévias, quais são os fatores que se apresentam como determinantes para que produtores rurais adotem as tecnologias oriundas da Revolução Digital 4.0. Propõe-se, então, sintetizar um grupo de trabalhos com essa

temática. Para tanto, foram revisados estudos no período de tempo compreendido de 2010 até 2022.

A busca ocorreu em três principais bases de dados: Periódicos CAPES, Science Direct e SCOPUS. As publicações foram filtradas para atender ao interesse do estudo por meio da definição de uma série de palavras-chave, no que tange aos títulos e resumos dos trabalhos, que estão elencadas na Tabela 1.

Tabela 1. Palavras-chaves utilizada na pesquisa de trabalhos

Palavras-Chave	
Grupo 1	“Smart Farming” “precision agriculture” “agriculture 4.0” “technology adoption” “Innovation in agriculture” “livestock 4.0”
Grupo 2	“Digital technology” “technology 4.0”

Para a seleção dos estudos revisados, além da definição do período de publicação e das palavras-chave, buscou-se essencialmente pesquisas publicadas em dois idiomas principais, português e inglês, com foco no segundo. Além disso, foram considerados apenas artigos científicos e estes deveriam tratar se exclusivamente de análises aplicadas/empíricas que trouxessem como resultado os fatores que condicionam os produtores rurais à adoção ou não de tecnologias digitais em suas propriedades rurais. A próxima subseção apresenta o processo de definição dos trabalhos revisados.

### 2.2.1 Seleção de Estudos

O processo metodológico inicia-se com a pergunta de pesquisa: *quais fatores são determinantes para a adoção de tecnologias digitais por produtores rurais?*

Com essa questão estabelecida, passou-se a fazer o processo de busca e seleção de artigos utilizando as palavras-chave definidas. A busca inicial retornou uma série de artigos, que passaram por um processo de filtragem. Ao final, 21 trabalhos foram selecionados para a análise.

Tabela 2. Processo de seleção dos artigos

Pergunta de Pesquisa	Quais fatores se apresentam como determinantes no processo de adoção de tecnologias digitais por
----------------------	--

	produtores rurais?
Strings de Busca	“Smart Farming” “precision agriculture” “agriculture4.0” “technology adoption” “Innovation in agriculture” “livestock 4.0” “Digital technology” “technology 4.0”
Filtro por idioma	Português e inglês
Base de Pesquisa	Periódicos Capes; Science Direct; Scopus = 146 trabalhos pré-selecionados
Filtro por tipo de trabalho e resumo/título	Artigo = 133 artigos
Leitura na íntegra	21 artigos selecionados

Os 21 artigos foram lidos na íntegra e selecionados para integrar o presente trabalho. Durante o procedimento metodológico, os artigos foram divididos por ano de publicação, revista/periódico em que o mesmo foi publicado e país em que a pesquisa foi realizada.

A amostra final se caracteriza então por estudos publicados em um período de 12 anos (2010-2022). Contudo, os anos de 2019, 2017, 2020 e 2022, respectivamente, apresentam os números mais relevantes de publicação dos artigos revisados, representando 71% do total, o que representa um momento de mais relevância do tema. Os seis últimos anos (2017-2022) representam 81% das pesquisas selecionadas, o que indica a importância crescente da temática das tecnologias digitais na agropecuária.



Figura 1. Número de artigos por ano de publicação

Quando o filtro foi aplicado nas revistas responsáveis pelas publicações selecionadas (Figura 2), notou-se que não há considerável concentração. Um total de 57% da amostra de artigos revisados é representada por artigos publicados em revista única, ou seja, com apenas uma incidência dentro da amostra. O destaque se refere à “Journal of Dairy Science”, com a ocorrência de três publicações, o que caracteriza 14% do total.

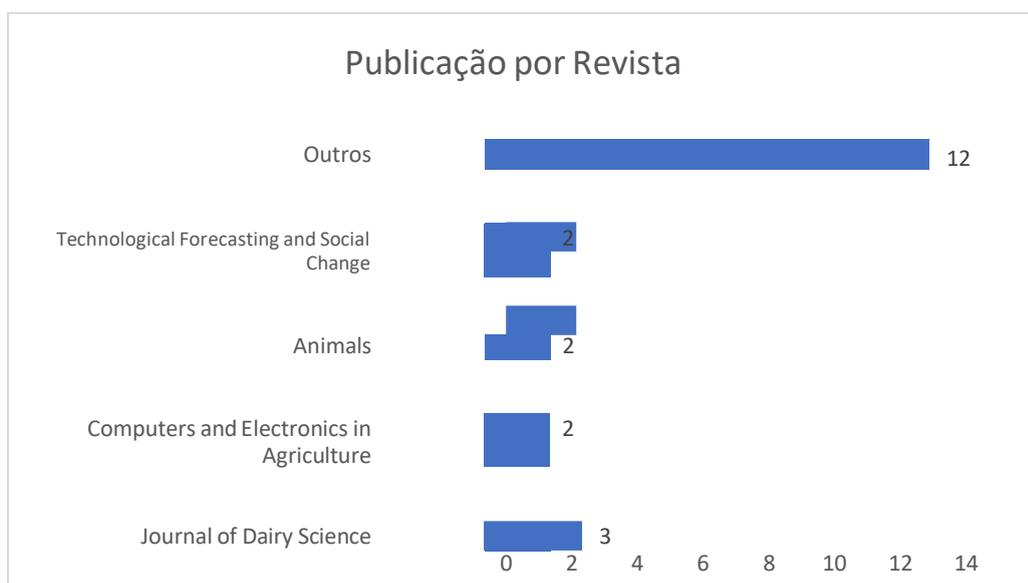


Figura 2. Número de artigos publicados por revista

Por fim, a Figura 3 apresenta o país em que foi realizada a pesquisa, ou seja, a origem da amostra do estudo aplicado. Neste grupo, novamente é encontrado um aspecto

heterogêneo, com o Brasil e Alemanha como detentores do maior número de publicações com um total de 4 artigos cada, o que representa 30% da amostra final. Em seguida, tem-se a Itália e Reino Unido com 12% do total.

Pode-se observar a forte presença de estudos no continente Americano, representados por Brasil e Estados Unidos, e na Europa. Inclusive, uma série desses artigos europeus foram aplicados em mais um país, as vezes chegando até a cinco integrantes da União Europeia. Diante disto, o número de países se apresenta maior do que a quantidade de artigos selecionados. Outro aspecto a ser considerado é a presença de estudos realizados no sul e sudeste asiáticos, com uma representação de 15% da soma.

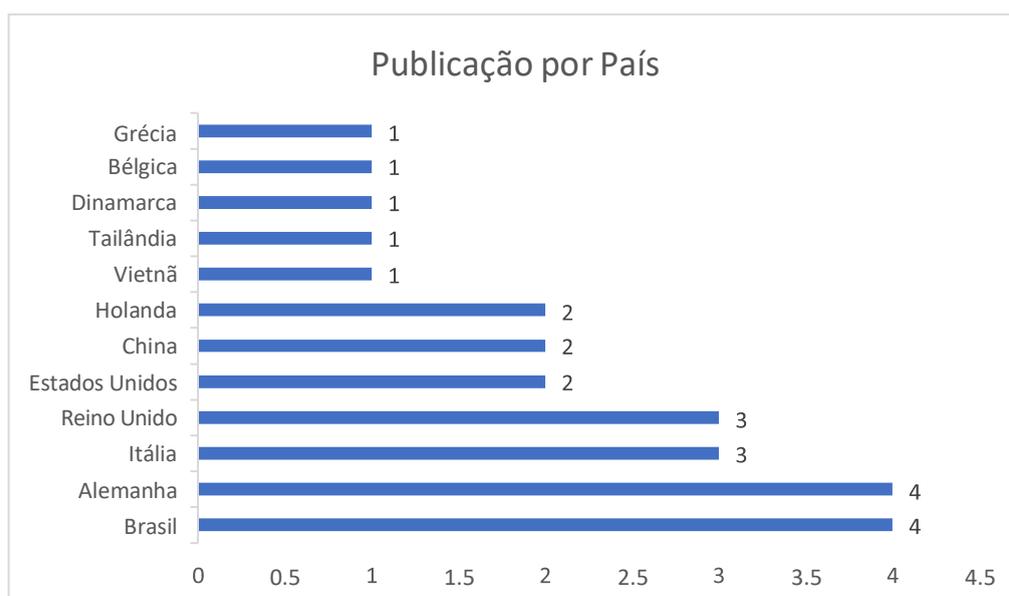


Figura 3. Número de publicações por país (Amostra de produtores).

### **2.3 Fatores que influenciam a adoção de tecnologias digitais por produtores rurais**

A Tabela 3 apresenta uma síntese da revisão de literatura sobre os determinantes da adoção de tecnologias digitais por produtores rurais de diferentes países.

Tabela 3. Síntese da revisão de literatura

	<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>País</b>	<b>Tecnologia Investigada</b>	<b>Método Utilizado</b>	<b>Tamanho da Amostra</b>	<b>Fatores determinantes da adoção</b>
1	Tiffin e Balcombe	2011	Reino Unido	Uso de computadores	Modelo Probit	237	Escala; Educação; Tipo de produção
2	Steenelvelde Hogeveen	2015	Holanda	Sensores para coleta de dados	PROC STEPDISC - PROC CANDISC	512	Escala; Idade; Expectativa de sucesso; Impactos econômicos da tecnologia
3	Pruitt et al.	2015	Estados Unidos	Ferramentas Gerenciais baseadas em computador e internet	Modelo Logit de escolha binária	12	Região; Educação; Escala; Tipo de produção; Idade
4	Rose et al.	2016	Reino Unido	Ferramentas gerenciais baseadas em computador e internet	Modelos Lineares Generalizados - Binomial	78	Idade; Escala; Educação; Tipo de produção
5	Vinholis et al.	2017	Brasil	Rastreabilidade de bovinos	Modelo Logit Binomial	84	Acesso à Informação; Escala; Risco; Acesso ao Crédito; Educação; Experiência
6	Carrer et al.	2017	Brasil	Sistemas de Gestão da Informação	Modelo Logite Poisson	98	Educação; Experiência; Propensão ao Risco; Participação em grupos sociais; Assistência Técnica; Escala
7	Tamirat et al.	2017	Dinamarca e Alemanha	Práticas e tecnologias da Agricultura de Precisão	Modelo Logit	260	Local da Fazenda; Educação; Idade; Escala; Renda; Participação em Workshops; Percepção do produtor sobre a tecnologia
8	Abeni	2019	Itália	Ferramentas de monitoramento	Modelos de Regressão Logística	490	Idade; Educação; Região; Escala; Renda; Experiência; Assistência técnica; Gênero

9	Drewry et al.	2019	Estados Unidos	Aplicativos digitais (finanças e marketing); Ferramentas de plantio e colheita; Sensores e robôs de ordenha.	Modelo Logit	1021	Gênero; Idade; Educação; Renda; Escala; Região
10	Michels et al.	2019	Alemanha	Aplicativos de Smartphone	Modelo Logit de escolha binária	817	Idade; Educação; Gênero; Conhecimento em informática; Propensão à Inovação; Escala
11	Michels et al.	2019	Alemanha	Aplicativos de smartphone	Equações Estruturais de mínimo quadrados parciais e modelos logit ordenado	280	Utilidade percebida na tecnologia (expectativa de retorno econômico e compatibilidade); Idade; Educação; Propensão à Inovação
12	Pivoto et al.	2019	Brasil	Tecnologias <i>Smart Farming</i>	Modelo Logite Poisson	119	Idade; Educação; Experiência; Participação em associações; Assistência técnica; Propensão à inovação
13	Barnes et al.	2019	Bélgica, Alemanha, Grécia, Holanda e Reino Unido	Tecnologias de agricultura de precisão	Abordagem Geral de Modelagem Linear	971	Idade; Educação; Participação em associações; Escala; Nível intensidade tecnológica; Características de gestão
14	Filippini et al.	2020	Itália	Redes sociais	Modelo de regressão linear múltipla	53	Gênero; Idade; Educação; Concentração da produção e Escala
15	Groher et al.	2020	Suíça	Sensores eletrônicos, dispositivos para processamento eletrônico de dados e uso de robótica em criação de animais	Modelo Logit	1497	Idade; Gênero; Tipo de Produção; Região; Sistema de Produção
16	Min et al.	2020	China	Smartphone	Modelo ESP	1147	Gênero; Idade; Educação; Etnia; Escala

17	Hoang e Nguyen	2021	Vietnã	Smartphone	Estatística Descritiva e Inferencial; Regressão logística Binária	185	Acesso à Extensão Rural; Participação em associações; Gênero; Acesso ao Crédito; Idade; Educação; Renda; Escala
18	Saengwonget al.	2021	Tailândia	Aplicativos de smartphone	Estatística descritiva (Frequência e porcentagem) e estatística baseada em percentual de conhecimento	40	Gênero; Educação; Sistema de produção; Escala; Experiência prévia
19	Carrer et al.	2022	Brasil	Tecnologias de agricultura de precisão	Modelos de fronteira estocástica com controle de seletividade amostral (probit)	131	Escolaridade; Experiência; Escala; Uso de Assistência Técnica
20	Zhu et al.	2022	China	Internet na fazenda para tomada de decisões de gerenciamento	Modelos de fronteira estocástica com controle de seletividade amostral (probit)	479	Escolaridade; Experiência; Participação em treinamentos; Número de funcionários; Escala; influência de outros produtores/associações
21	Giua et al.	2022	Itália	SFT (Smart Farming Technologies)	Modelagem de equações estruturais (SEM) e Poisson Inflada de zeros	474	Influência Social; Escala; Produtividade; Eficiência de custo; Sustentabilidade

Fonte: resultados da revisão de literatura.

O processo de revisão da literatura revelou uma série de variáveis que podem influenciar a adoção de tecnologias 4.0 por produtores rurais de diferentes países, as quais são sintetizadas na Tabela 4. A Tabela 4 apresenta em quantos estudos cada um deles apareceu como variável estatisticamente significativa para determinar a probabilidade de adoção ou a intensidade no uso das inovações digitais pelos produtores. A partir desta tabela possibilita-se compreender os fatores que têm condicionado o processo de adoção das tecnologias por produtores rurais.

As 26 variáveis determinantes da adoção de tecnologias digitais por produtores rurais encontradas na revisão foram agrupadas em quatro grandes grupos:

(i) fatores pessoais, que referem-se às condições pessoais do produtor, em que se incluem o capital humano e aspectos comportamentais;

(ii) fatores do negócio, que se caracterizam por abranger as características do negócio, relacionando-se especialmente com a escala, as condições de gestão e demais características da produção;

(iii) fatores sociais, em que se incluem participações em associações e cooperativas (capital social); e

(iv) fatores tecnológicos, que se referem às características das tecnologias e percepções dos produtores sobre as mesmas.

Tabela 4. Incidência dos fatores determinantes da adoção de tecnologias digitais por produtores rurais.

<b>Posição</b>	<b>Fator/variável determinante</b>	<b>Número de estudos</b>	<b>% Presença</b>
1	Escala de produção	18	85%
2	Educação/escolaridade	16	76%
3	Idade	15	71%
4	Gênero	8	38%
5	Experiência	7	33%
6	Participação em associação e cooperativas	4	19%
7	(Expectativa) de impacto na Renda	4	19%
8	Assistência técnica	4	19%
9	Uso anterior de outras ferramentas de gestão da propriedade	3	14%
10	Tipo de produção	3	14%
11	Acesso ao crédito	3	14%
12	Região	3	14%
13	Características da tecnologia	3	14%
14	Impacto da adoção na renda	2	9%
15	Acesso à informação	2	9%
16	Propensão ao risco	2	9%
17	Propensão à Inovação	1	4%
18	Expectativa de Sucessão (Propriedade familiar)	1	4%
19	Participação em Treinamentos	1	4%
20	Nível atual de tecnologia na propriedade	1	4%
21	Concentração da Produção	1	4%
22	Etnia	1	4%

### 2.3.1 Fatores Pessoais

Os fatores pessoais, assim como os de negócios, são o grande destaque entre as variáveis apresentadas nos estudos. Dentre estes fatores, aqueles que se relacionam com o capital humano são, de modo geral, o que se apresentam em maior número nos estudos selecionados. O principal destaque neste cenário é a a educação/escolaridade, que se demonstrou determinante para explicar a adoção de tecnologias digitais em 16 das 21 pesquisas. Esse fator apresentou efeito positivo em todos esses estudos. A escolaridade aumenta as capacidades e competências dos produtores, facilitando a compreensão e o uso das tecnologias digitais (Michels et al, 2019; Pivoto et al, 2019; Min et al, 2020).

Por sua vez, a idade geralmente apresenta efeito negativo na adoção de tecnologias digitais na grande maioria dos estudos revisados. Produtores com idade mais avançada são mais resistentes e possuem menos habilidade com o uso de tecnologias digitais (Abeni et al, 2019; Drewry et al, 2019; Michels et al, 2019; Filippini et al, 2019).

O gênero e a experiência são outros dois fatores pessoais que demonstram algum impacto no processo de adoção, mas não na mesma intensidade da escolaridade e idade. Assim, estas variáveis (gênero e experiência) podem vir a serem consideradas menos importantes para determinar a adoção do que aquelas (escolaridade e idade) (Abeni et al, 2019; Drewry et al, 2019; Saengwong et al, 2021). Por sua vez, a etnia, quando consideradas grandes amostras de produtores geograficamente dispersos, pode se constituir em outro fator determinante da adoção de inovações digitais (Min et al., 2020).

### **2.3.2 Fatores do Negócio**

Dentro deste grupo de condicionantes, agruparam-se todas as variáveis que se relacionam com a propriedade rural e modelo de gerenciamento adotado pelo produtor. O principal determinante da adoção de tecnologias digitais que apareceu nos estudos revisados é a escala de produção da propriedade rural, a qual se mostrou relevante em 18 de um total de 21 estudos. Assim, há uma relação direta entre escala de produção e adoção de tecnologias digitais, em que se vê uma maior tendência à utilização das inovações digitais nas propriedades com maior escala de produção, o que aponta para a existência de economias de escala em algumas das inovações digitais (Pruitt et al, 2015; Rose et al, 2016; Tiffin e Balcombe, 2011; Barnes et al, 2019; Drewry et al, 2019; Carrer et al., 2022).

A assistência técnica se mostrou determinante da adoção de inovações digitais em 4 estudos. De forma geral, esses autores argumenta que a assistência técnica é importante ferramenta de difusão de informações e recomendações técnicas e econômicas para os

produtores. O acesso a essas informações e recomendações aumenta a probabilidade e a confiança na adoção de inovações da agricultura digital. Outrossim, os consultores costumam assessorar os produtores rurais no manejo das inovações (Carrer et al., 2017; Abeni, 2019; Carrer et al., 2022)

O tipo de produção predominante na fazenda se mostrou relevante em alguns estudos, em que se vê uma maior ocorrência de novas tecnologias digitais na agricultura quando em comparação direta com a pecuária. As características prévias de gestão das propriedades também se mostraram determinantes da adoção de inovações digitais em alguns estudos (Carrer et al, 2017; Barnes et al, 2019), demonstrando que há complementaridades entre a adoção de inovações digitais e outras técnicas de gestão da produção.

O acesso ao crédito é outro fator que se apresenta como um aspecto que eleva a probabilidade adoção de tecnologias pelos produtores rurais (Hoange Nguyen al, 2020). No caso das inovações da agricultura digital, o crédito parece ser relevante para explicar a adoção daquelas que exigem maior volume de investimento inicial em capital fixo.

Há ainda outras duas condições que se apresentam como determinantes dentro deste quadro de fatores do negócio, sendo uma delas a região/ localização que se encontra a propriedade, de modo que, a maior proximidade com centros urbanos vem a ser determinante na adoção (Pruitt et al, 2015; Abeni et al, 2019; Drewry et al, 2019).

### **2.3.3. Fatores sociais**

Diversas tecnologias, que são amparadas pelo meio social, podem se difundir por meio das redes de comunicação ao longo do tempo. No meio rural, as cooperativas de agricultores podem ser caracterizadas como o principal canal de “agrupamento” de indivíduos que compartilham interesses comuns, além de ser uma forma de facilitar o acesso dos produtores ao mundo digital (Drewry et al, 2019; Chamola et al. , 2022). A participação em cooperativas tem sido vista como uma proxy para o capital social dos agricultores. Supostamente, os agricultores que participam de cooperativas têm maior acesso às informações, maior interação e podem compartilhar experiências relevantes para as atividades agrícolas, o que afeta positivamente a adoção de novas tecnologias (Manda et al., 2020; Zhang et al, 2020 ; Ruzzante et al, 2021).

Os estudos revisados mostraram que a participação dos produtores rurais em cooperativas, associações, pools e também em workshops tem afetado a adoção das

inovações digitais (Tamirat et al, 2017; Barnes et al, 2019; Hoang e Nguyen2021). Aspectos sociais se mostram determinantes no processo de adoção essencialmente em decorrência do caráter de disseminação de conhecimento e compartilhamento de experiências que ocorre nesses locais, gerando impactos positivos no processo de adoção e uso de novas tecnologias (Barnes et al., 2019; Pivotto et al., 2019; Zhu et al., 2022).

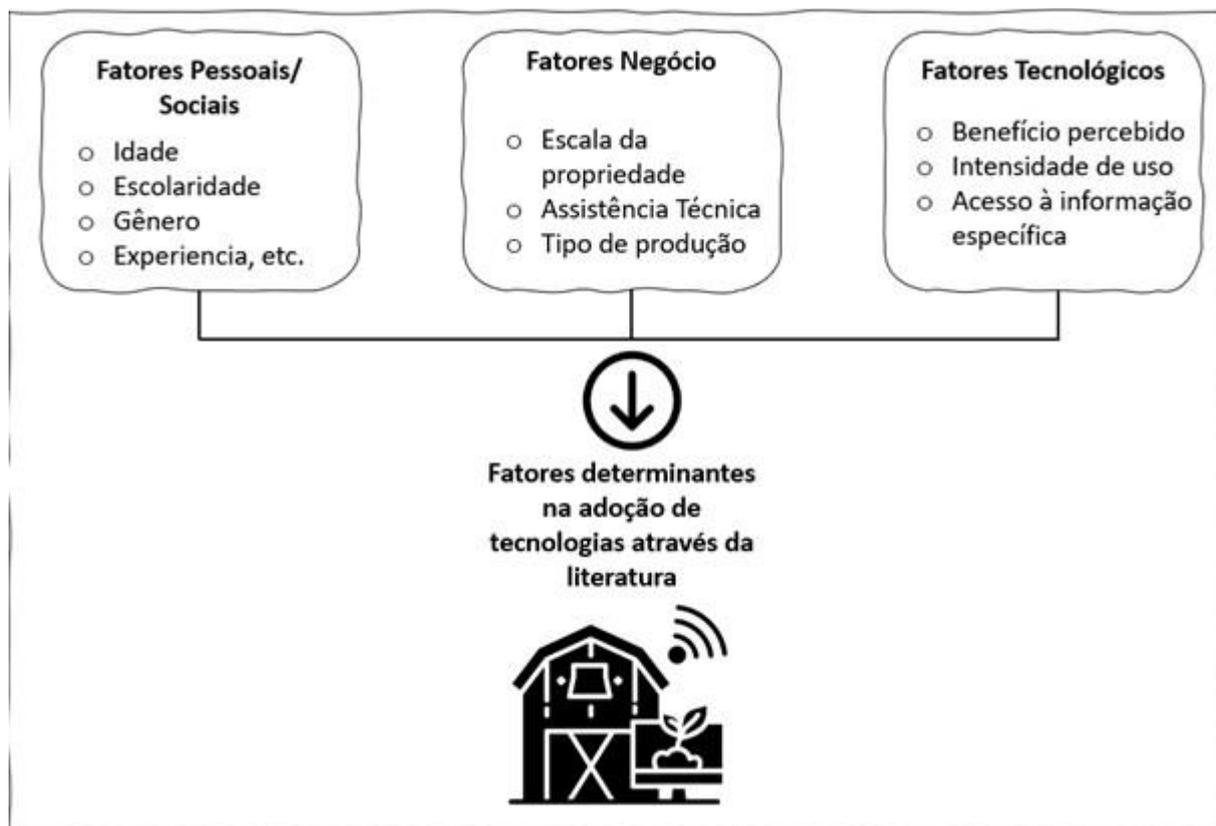
#### **2.3.4 Fatores Tecnológicos**

A tecnologia é o cerne de tal estudo. No entanto, a significância de variáveis sobre as percepções dos produtores em relação às tecnologias digitais não apareceu com grande frequência nos estudos revisados, em que pese ter aparecido como determinante em alguns estudos. Uma destas variáveis é o benefício/utilidade percebido pelo produtor antes da adoção da inovação. Geralmente, os estudos tentam mensurar a utilidade/benefício por meio da expectativa do produtor quanto aos ganhos econômicos, compatibilidade e complexidades da tecnologia investigada. Em outras palavras, trata-se de tentar mensurar como o produtor enxerga quão útil será uma determinada tecnologia, e como esta deverá impactar na propriedade rural. A partir de tal percepção, o produtor decide se a tecnologia será adotada ou não (Tamirat et al, 2017; Michels et al, 2019).

O nível de intensidade no uso de outras tecnologias que a propriedade já possui é outro aspecto capaz de determinar a adoção de novas tecnologias (Barnes et al, 2019), demonstrando que o histórico de adoção de inovações se apresenta como um facilitador para que se adote novas tecnologias. Ou seja, percebe-se uma dependência de caminho (*path dependence*) no processo de adoção de inovações digitais.

Além disso, o acesso à informação sobre tecnologias e o conhecimento prévio em informática (Carrer et al, 2017; Michels et al, 2019) se apresentam como variáveis que afetam o processo de adoção de tecnologias digitais. Em suma, os aspectos tecnológicos não se apresentam como peças centrais dos estudos selecionados, porém há um destaque crescente na questão das percepções dos produtores sobre a inovação.

A Figura 4 apresenta um modelo analítico de fatores determinantes da adoção de inovações digitais por produtores rurais que sintetiza a revisão de literatura.



**Figura 4:** Fatores determinantes no processo de adoção de tecnologias digitais por produtores rurais.

## 2.4 Considerações Finais

O propósito deste trabalho foi sintetizar os fatores determinantes da adoção de tecnologias digitais por produtores rurais por meio de uma revisão sistematizada de literatura. Foram selecionados 21 artigos para análise final e compreensão dos aspectos que condicionam a adoção de tecnologias digitais. A análise dos resultados desses artigos conduziu a um total de 21 fatores determinantes.

Duas questões se destacaram na revisão dos artigos. A primeira é o modo como os fatores relacionados ao negócio e capital humano/características pessoais se apresentam como preponderantes. A escala de produção se mostrou como fator determinante em aproximadamente 85% dos artigos analisados, sendo seguida por dois fatores pessoais, a educação e a idade (efeito geralmente negativo). A segunda condição que se destaca entre as pesquisas selecionadas é a distribuição geográfica difusa dos estudos, com destaque para o Brasil e Alemanha. Assim, percebe-se que as inovações da agricultura digital estão sendo adotadas e estudadas em diferentes países.

A revisão de literatura demonstrou ainda que diversos fatores interagem entre si para inibir ou promover a adoção da tecnologia agropecuária. Assim, há um conjunto de fatores que se comportam como determinantes neste processo, tornando a difusão das tecnologias digitais heterogênea e desigual, o que não é necessariamente um indicativo da falta de “desejo” do produtor em se adotar as tecnologias. Muitas vezes, fatores como escala de produção, escolaridade, acesso ao crédito e assistência técnica se constituem em barreiras à adoção das inovações digitais para um conjunto de produtores.

A compreensão dos fatores mais relevantes para explicar a adoção é de grande relevância para os produtores rurais, agentes da extensão rural, formuladores de políticas públicas e empresas que desenvolvem e comercializam as tecnologias digitais. Estratégias e políticas públicas que auxiliem os produtores a superar as barreiras à adoção são importantes.

Por fim, entende-se que é premente reduzir as disparidades na utilização das tecnologias digitais, tornando o acesso à informação e a capacidade de gerenciamento das propriedades rurais mais homogêneas. Para isso, os fatores determinantes à adoção/não adoção devem ser trabalhados pelos formuladores de políticas públicas e agentes do sistema de inovações digitais.

### 3. Adoção e impactos da participação em aplicativos de mensagens e grupos de compartilhamento de informações agropecuárias: uma análise empírica com produtores brasileiros<sup>1</sup>

**Resumo:** Este estudo teve como objetivos identificar os determinantes da participação de produtores rurais em grupos digitais de compartilhamento de informações, bem como os impactos da participação no desempenho das propriedades rurais. Dados primários da safra 2015/2016 coletados de 175 pecuaristas foram analisados por meio de estatística descritiva e modelos econométricos. Produtores que possuíam smartphones e participavam de grupos/aplicativos sociais criados para troca de informações agropecuárias foram considerados adotantes da tecnologia. Um modelo de Poisson Double Hurdle mostrou que a decisão dos produtores rurais de participar dos grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias é determinada pela escolaridade, idade (efeito negativo) e uso de ferramentas para planejar a produção. A intensidade da participação é influenciada pela propensão ao risco, interação com consultores especializados, uso de ferramentas de planejamento da produção e participação em cooperativas. Os autores também encontraram evidências empíricas de que a participação dos produtores em grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias tem efeito positivo e estatisticamente significativo na renda por hectare das propriedades rurais. Os resultados deste estudo são importantes para acelerar a difusão de tecnologias digitais de baixo custo, que são ferramentas poderosas para melhorar o compartilhamento e o acesso dos produtores rurais a informações valiosas em tempo real e em locais distantes das áreas urbanas. Pelo conhecimento dos autores, esta é a primeira análise empírica da adoção e impactos de grupos/aplicativos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias por pecuaristas brasileiros. A difusão de tecnologias digitais simples é importante para reduzir a heterogeneidade e aumentar a eficiência da pecuária.

**Palavras-chave:** acesso à informação; tecnologias digitais; aplicativos de troca de informação; agricultura 4.0.

**Abstract:** This study aimed to identify the determinants of farmers' participation in agricultural information-sharing digital groups and their impacts on farm performance.

---

<sup>1</sup> Mendes, J. D. J., Carrer, M. J., Vinholis, M. D. M. B., & Meirelles de Souza Filho, H. (2023). 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*. Ahead of print. <https://doi.org/10.1108/JADEE-09-2022-0194>

Primary data of the 2015/2016 crop year collected from 175 cattle farmers were analyzed using descriptive statistics and econometric models. Farmers who had smartphones and participated in social groups/applications, especially those created to exchange agricultural information, were considered adopters of the technology. A Poisson hurdle model showed that farmers' decision to participate in agricultural information-sharing digital groups is determined by schooling, age (negative effect) and use of tools for planning production. The intensity of participation is affected by risk propensity, interaction with specialist advisors, use of tools for planning production and participation in cooperatives. The authors also found empirical evidence that farmers' participation in agricultural information sharing digital groups positively affects farm income per hectare. The results of this study are important for accelerating the diffusion of low-cost digital technologies, which are powerful tools for improving farmers' sharing and access to valuable information in real time and in locations far from urban areas. To the best of the authors' knowledge, this is the first empirical analysis of the adoption and impacts of agricultural information-sharing digital groups/applications by Brazilian cattle farmers. The diffusion of simple digital technologies is important for reducing heterogeneity and increasing the efficiency of cattle production.

**Keywords:** Information access, Digital technologies, Messaging applications, Agriculture 4.0

### 3.1. Introdução

A difusão das tecnologias da 4ª Revolução Industrial (também chamada de Indústria 4.0) no agronegócio criou um movimento denominado Agricultura 4.0 ou *agricultura inteligente* (Liu et al, 2021). O conceito de Agricultura 4.0 envolve a expansão do conceito de agricultura de precisão que enfatiza os procedimentos de produção não apenas pela obtenção de dados relevantes e seu tratamento, mas também por meio de processos agrícolas inteligentes e conectados usando tecnologias digitais. A Agricultura 4.0 é construída sobre quatro pilares: gestão orientada por dados, produção baseada em novas ferramentas, sustentabilidade e profissionalização. A Internet móvel, a Internet das Coisas, a visão computacional e a tomada de decisão inteligente conduzirão a agricultura a uma abordagem de gestão online enxuta e inteligente (Javaid et al., 2022). Neste novo paradigma digital e tecnológico da produção agrícola, um dispositivo é o ponto de partida para aceder às

“tecnologias 4.0”: o smartphone. De fato, a disponibilidade smartphones e seu baixo custo, além da difusão da internet, são aspectos que facilitam a adoção de TICs na agricultura (Routroy e Behera, 2017) .

As múltiplas funcionalidades que os smartphones possuem são inovações importantes para a gestão da produção agrícola. Para muitos agricultores<sup>2</sup>, essas inovações se caracterizam como a “porta de entrada” para a Agricultura 4.0. Um smartphone moderno pode ser considerado um computador móvel com uma capacidade notável de ajudar os agricultores a coletar, armazenar, organizar, compartilhar e analisar dados internos e externos. Assim, o smartphone é uma importante ferramenta de apoio à tomada de decisão, permitindo que os usuários acessem aplicativos que atendam às suas necessidades de gestão, como sistemas de posicionamento global (GPS) e informações geográficas, aplicativos de gestão financeira da propriedade, além das informações em tempo real acessadas através de aplicativos de compartilhamento de mensagem (Ma et al., 2020; Michels et al, 2020).

Os aplicativos de compartilhamento de mensagens são importantes inovações presentes nos smartphones. A adoção de aplicativos de mensagens online permite a criação de grupos de compartilhamento de informações agropecuárias, que, em geral, são geridos por atores como cooperativas, institutos de pesquisa e extensão rural, indústria de insumos, entre outros. Esta é uma forma alternativa de conectividade e interação possibilitada pela existência da internet e de suas inúmeras ferramentas. A participação nessas redes sociais é uma importante fonte de capital social que tem grande potencial de redução dos custos de transação por meio da disseminação de informações em tempo real (Chamola et al, 2022).

A adoção de aplicativos permite aos produtores rurais o acesso rápido a informações altamente valiosas para apoiar o gerenciamento de suas propriedades. Informações sobre condições climáticas, preços de produtos e insumos, recomendações agronômicas, condições de oferta de crédito e análises de mercado podem ser acessadas em tempo real e por um baixo custo. Assim, os smartphones e a internet têm facilitado o acesso do agricultor a informações fundamentais para o seu negócio, ajudando-o a superar barreiras técnicas, econômicas e sociais. Tais tecnologias digitais também são responsáveis por democratizar o acesso à informação no meio rural por um valor acessível, impactando positivamente no desenvolvimento econômico, principalmente em regiões que se encontram distantes dos grandes centros urbanos (Baumuller , 2018; Ma et al, 2020; Krell et al, 2020).

---

<sup>2</sup> Neste artigo adota-se o termo agricultores como sinônimo de produtores rurais.

Além disso, a comunicação interpessoal e o desenvolvimento de recursos organizacionais ganham força com a popularização dos aplicativos (Ma et al, 2020). Assim, espera-se que os aplicativos de compartilhamento de mensagem sejam capazes de otimizar o processo de tomada de decisão dos Produtores rurais. Os exemplos mais populares desses aplicativos são Telegram, WhatsApp, Instagram e Facebook, que são consideradas plataformas simples e rápidas para o compartilhamento de informações técnicas, climáticas, econômicas e gerenciais entre agricultores e diferentes atores das cadeias produtivas agroindustriais. Tais aplicativos são o cerne de um novo modelo de comunicação e tomada de decisão, com grande potencial para democratizar, facilitar e agilizar o acesso à informação entre agricultores de diferentes áreas e em diferentes situações financeiras. O uso de aplicativos de compartilhamento de mensagens também oferece uma oportunidade de aprendizagem conjunta e resolução de problemas, cocriação de inovações e novas formas de prestação de serviços de extensão agrícola. No entanto, ainda faltam estudos sobre o uso dessa TIC e seus efeitos.

Em que pese o notável crescimento do uso de smartphones e aplicativos para auxiliar a tomada de decisão no agronegócio, poucos estudos têm sido realizados com o intuito de identificar os determinantes e barreiras para o uso de tais tecnologias pelos produtores rurais brasileiros. Os dados censitários disponíveis abrangem poucas informações sobre a difusão de tais inovações. Dados do Censo Agropecuário Brasileiro de 2017 mostram que 28% dos agricultores brasileiros têm acesso à internet e 62,9% possuem telefone (IBGE, 2017). No entanto, não há dados oficiais sobre a taxa de difusão de computadores, smartphones e aplicativos de apoio à tomada de decisão no agronegócio brasileiro.

Com base no contexto apresentado, o objetivo deste artigo é identificar os fatores determinantes da participação dos produtores rurais em grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias, bem como seus impactos no desempenho das propriedades. Os produtores que possuem smartphones e participam de grupos constituídos fundamentalmente para o compartilhamento de informações agropecuárias foram considerados adotantes da tecnologia. Esses grupos contemplam a participação de produtores rurais, consultores, extensionistas, agrônomos, pesquisadores, formuladores de políticas públicas e representantes das indústrias de insumos, processamento e distribuição. Essas redes de acesso e compartilhamento de informações não são apenas meios sociais de interação, mas sobretudo ambientes dinâmicos de aprendizado para os usuários (Baumuller,

2018).

Embora existam investigações empíricas sobre a adoção de smartphones, internet e aplicativos (Ma et al., 2020; Michels et al, 2020; Zhu et al., 2021), estudos sobre a participação de produtores rurais brasileiros em grupos de compartilhamento de informações agropecuárias no âmbito online e seus impactos sobre o desempenho das propriedades rurais ainda são pouco explorados. A avaliação dos fatores determinantes do uso de smartphones e aplicativos de troca de informação para tomada de decisão tem potencial de aumentar a compreensão dos pontos que devem ser considerados na formulação de políticas públicas e estratégias que sejam capazes de difundir a inovação digital em seu modelo mais simples e de menor custo ao produtor rural. Assim, pode-se acelerar o processo de difusão e democratização da informação com seus potenciais impactos no desenvolvimento socioeconômico da agropecuária.

Além desta introdução, este artigo está dividido em quatro seções. A próxima seção apresenta o referencial teórico e as hipóteses para um conjunto de fatores determinantes na adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações como ferramentas de apoio ao processo de tomada de decisão gerencial dos agricultores. O quadro de fatores determinantes para a adoção de tecnologias digitais é subdividido em cinco grupos: capital humano, características comportamentais, influência social, características gerenciais e escala de produção. A terceira seção apresenta a metodologia adotada para testar as hipóteses, incluindo características da amostra, variáveis e modelos econométricos aplicados. Os resultados do estudo são apresentados e discutidos na seção quatro. A quinta seção contém nossas considerações finais.

### **3.2. Referencial Teórico e Hipóteses**

A teoria microeconômica neoclássica postula que a adoção de tecnologias de produção e gestão é resultado de processos individuais de tomada de decisão, nos quais se espera que os benefícios marginais das tecnologias superem seus custos marginais (Foster e Rosenzweig, 2010). Portanto, ao decidir adotar uma tecnologia, os agricultores buscam maximizar sua utilidade esperada. A decisão de adotar uma nova tecnologia ocorre quando a utilidade esperada da adoção ( $U_a$ ) supera a utilidade esperada da não adoção ( $U_n$ ), ou seja,  $U_a > U_n$ . Os parâmetros dessa decisão geralmente não são observados, mas podem ser definidos por uma variável latente,  $U_i$ . Essa variável latente é afetada por fatores

determinantes de natureza diversa, como fatores institucionais, econômicos e sociais, percepções de tecnologia e características de fazendas e agricultores (Carrer et al., 2017; Pathak et al, 2019; Kolady et al., 2021).

Estudos recentes têm mostrado que o desenvolvimento de tecnologias digitais aplicadas à gestão da produção rural vem ocorrendo em alta velocidade (Pathak et al., 2019; Giua et al., 2020). No entanto, a adoção dessas tecnologias pelos agricultores não ocorre da mesma forma, o que pode resultar em considerável heterogeneidade no desempenho das fazendas (Rose et al, 2021; Liu et al, 2021; Zhu et al., 2021; Carrer et al. , 2022).

Este estudo adota um quadro analítico que divide os fatores determinantes para a adoção de aplicativos de apoio à tomada de decisão gerencial em cinco grupos: (i) capital humano; (ii) características comportamentais dos produtores; (iii) interação social; (iv) características de gerenciamento das fazendas; (v) escala de produção. A seguir, discutiremos as hipóteses para esses fatores. Outrossim, na subseção 2.6. apresentaremos a hipótese para o impacto da participação em grupos de compartilhamento de informação sobre a renda por hectare gerada nas fazendas.

### **3.2.1. Capital Humano**

O capital humano refere-se a um conjunto de habilidades, conhecimentos e competências que os indivíduos adquirem ao longo da vida por meio de educação formal, treinamento, experiência ou outras atividades. Em outras palavras, é um estoque de capacidades acumuladas resultantes de esforços individuais em busca de qualificação (Grossman, 2017).

A literatura econômica mostra que o estoque de capital humano acumulado tem efeitos significativamente positivos na produtividade dos fatores de produção, na renda gerada pelos fatores e, conseqüentemente, no desempenho econômico das empresas (nível micro) e dos países (nível macro). O capital humano também se mostra um importante determinante do desenvolvimento, adoção e difusão de inovações tecnológicas em diferentes setores da atividade econômica (Danquah e Amankwah-Amoah, 2017).

As principais variáveis proxy utilizadas para medir o nível de capital humano dos agricultores em estudos sobre adoção de tecnologia são o nível de escolaridade, a experiência na produção rural e a participação em cursos e treinamentos (Carrer et al, 2017; Drewry et al, 2019; Michels et al, 2020).

A baixa escolaridade dos agricultores é apontada como uma das principais barreiras

para a difusão de tecnologias no agronegócio. Historicamente, agricultores com maior escolaridade são pioneiros na adoção de diferentes inovações tecnológicas (Pathak et al, 2019). Ou seja, a educação formal dos agricultores é um elemento fundamental para a transformação digital do agronegócio e para os consequentes ganhos de eficiência no uso dos recursos produtivos (Rijswijk et al., 2021; Carrer et al., 2022).

A relação positiva entre a educação formal e a adoção de tecnologias digitais é especialmente explicada pela maior facilidade de compreensão das características, funcionalidades e benefícios das inovações digitais por aqueles que apresentam uma maior escolaridade (Carrer et al, 2017; Michels et al, 2020). Além disso, o processo dinâmico de aprendizado no uso de tecnologias (*learning by doing*) tende a ser mais fácil para agricultores com maior escolaridade, que possuem habilidades e capacidades mais desenvolvidas para gerenciar inovações (Knuth et al., 2018). Assim, os agricultores com maior escolaridade estão um passo à frente no processo de digitalização do agronegócio (Pivotto et al., 2018).

Posto isto, é possível estabelecer a primeira hipótese sobre o efeito do nível de capital humano na adoção de smartphones e aplicações de troca de informação para apoio à tomada de decisão:

**H.1a** : *Produtores com maior nível de escolaridade são mais propensos a participar de grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias.*

A idade/experiência do agricultor também é frequentemente vista como uma característica do capital humano determinante na adoção de inovações tecnológicas. Nesse caso, há resultados e explicações que apontam para diferentes caminhos. Por um lado, produtores experientes possuem mais conhecimento, competências gerenciais e confiança para utilizar novas tecnologias, o que tem impacto positivo na adoção (Souza Filho et al., 2021). Por outro lado, esses produtores são mais resistentes a mudanças, têm maior aversão ao risco e podem considerar alto o custo para aprender uma nova tecnologia, sobretudo de caráter digital (Michels et al, 2020).

No caso específico das tecnologias digitais na agricultura, a maioria dos estudos mostra que a idade/experiência afeta negativamente a adoção de tecnologias digitais para apoiar a tomada de decisão ( Michels et al, 2020; Pivoto et al, 2019). Os agricultores mais jovens (até 50-55 anos) supostamente entendem as funcionalidades das tecnologias digitais com mais facilidade ( Pivoto et al, 2019; Giua et al, 2021). No entanto, alguns estudos não conseguiram identificar nenhum efeito significativo da experiência na adoção de tecnologias

digitais (Krell et al, 2020; Carrer et al., 2022).

Assim, é possível estabelecer a hipótese 1b sobre o efeito da experiência dos agricultores na probabilidade de adoção de aplicativos de compartilhamento de informações:

**H.1b** : *Quanto maior a experiência/idade do agricultor, menor a probabilidade de participação em grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias.*

### **3.2.2. Características Comportamentais**

Fatores representativos do comportamento dos produtores têm sido considerados com frequência cada vez maior em estudos de adoção de inovações na agricultura (Aubert et al., 2012; Shah et al., 2016; Michels et al., 2020; Benitez-Altuna et al., 2021; Carrer et al., 2022). Argumenta-se que diferenças nas características comportamentais dos indivíduos, tais como propensão ao risco, propensão à inovação e excesso de autoconfiança, afetam a percepção dos custos e benefícios esperados de uma nova tecnologia, influenciando significativamente no processo decisório de adoção das inovações (Ghadim et al., 2005; Barham et al., 2014; Carrer et al., 2017; Benitez-Altuna et al., 2021).

A adoção de uma inovação tecnológica é um processo intrinsecamente caracterizado por um conjunto de riscos (Feder et al., 1985; Aker et al., 2005). A avaliação individual desses riscos é uma variável crucial para a tomada de decisão dos produtores, mesmo quando os potenciais resultados da tecnologia são conhecidos (Souza Filho et al., 2011). Os indivíduos não possuem a mesma percepção de risco, ainda que diante de decisões de adoção de uma mesma tecnologia (Giné & Yang, 2009; Brick & Visser, 2015). Alguns produtores podem subestimar (superestimar) o risco esperado da tecnologia, o que aumentaria (reduziria) as chances de adoção. De fato, há evidências de que os produtores com maior propensão ao risco apresentam uma tendência natural de os aceitarem melhor, o que aumenta as chances de adoção de inovação por esses produtores (Mao et al., 2019).

A propensão ao risco é mais importante para explicar as decisões de adoção de tecnologias que apresentam riscos elevados (p.e., novos sistemas de produção), o que pode ser relativizado no presente estudo. A tecnologia investigada neste estudo não é caracterizada por riscos ou incertezas representativos. Não há investimentos elevados, aumento considerável nos custos ou mesmo potencial de perda de renda da produção associados à adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações. No entanto, ainda assim espera-se que produtores com maior propensão ao risco tenham

maior probabilidade de adotar esta tecnologia digital. Assim, pode-se estabelecer a hipótese 2a:

**H.2a:** *Produtores rurais com maior propensão ao risco, tem uma maior a probabilidade de adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações agropecuárias.*

Outro aspecto comportamental que está diretamente relacionado com a adoção de inovações é a propensão à inovação do tomador de decisão. A propensão à inovação de um indivíduo pode ser definida como sua vontade de testar novas tecnologias (Godoe & Johansen, 2012). Estudos indicam que tomadores de decisão mais propensos à inovação conseguem alterar a dinâmica e as rotinas de adoção tecnológica nas empresas, tornando mais frequente o uso de novas tecnologias (Bhatti, 2007; Shah, et al, 2016).

Normalmente, esses indivíduos estão mais conectados à dinâmica das inovações tecnológicas por meio da busca por informações e novidades. O próprio processo de tentativa e erro associado às novas tecnologias tende a ser mais natural para esses indivíduos. Há evidências empíricas de que produtores rurais com maior propensão à inovação adotam mais rápido e com maior frequência tecnologias digitais (Aubert et al., 2012; Michels et al., 2020). Assim, pode-se estabelecer a hipótese 2b:

**H.2b:** *Quanto maior a propensão à inovação do produtor, maior a probabilidade de adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações.*

### **3.2.3. Características de Gestão**

Aspectos de gestão interna de uma propriedade afetam diretamente o processo de alocação e utilização dos recursos disponíveis. As fazendas que recebem orientação de especialistas técnicos e que possuem sistemas de gestão para planejar e controlar os processos têm grandes chances de obter vantagens competitivas em relação às fazendas que não utilizam uma gestão interna sistematizada e organizada. Tais vantagens competitivas, por sua vez, possibilitam o desenvolvimento de capacidades internas e a adoção de inovações com mais frequência e rapidez (Souza Filho et al., 2021).

Estudos empíricos mostram que propriedades rurais que contratam consultores especializados recebem uma quantidade relevante de informações e são mais propensas a adotar e usar inovações agrícolas digitais (Carrer et al, 2017; Knuth et al., 2018). Além de oferecer informações técnicas e econômicas, os consultores também são importantes para capacitar os agricultores e ajudá-los a administrar os recursos disponíveis em suas fazendas

(Solís et al., 2009). Posto isto, estabelecemos a hipótese 3a:

**H.3a:** *Quanto mais próxima a interação entre agricultores e consultores especializados, maior a probabilidade de participação dos agricultores em grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias.*

Estudos observaram a existência de complementaridades entre algumas práticas de gestão intensivas na coleta e organização de informações e a adoção de tecnologias 4.0 pelos agricultores (Kolady et al., 2021). A premissa central das principais tecnologias digitais consiste na utilização de uma grande quantidade de dados para auxiliar os agricultores na tomada de decisão em processos técnicos e gerenciais, aumentando assim a eficiência no uso dos recursos que estão disponíveis em suas fazendas (Carrer et al., 2022). Portanto, os agricultores que adotam práticas tradicionais para planejar e controlar os processos de produção seriam mais propensos a também usar tecnologias digitais. Práticas simples de gestão, como planejamento da safra, controle de compras e de estoque de insumos e registros regulares das movimentações financeiras podem ser entendidas como eventos “antecedentes” à adoção das tecnologias digitais. De fato, alguns estudos empíricos identificaram sinergias significativas entre as características de gestão agrícola e a adoção de tecnologias agrícolas digitais (Carrer et al., 2017; Michels et al, 2020; Kolady et al., 2021). Com base nesse contexto, temos a seguinte hipótese:

**H.3b:** *O uso de ferramentas para planejar a produção/safra tem um efeito positivo na probabilidade de os agricultores participarem de grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias.*

#### **3.2.4. Interação social**

Diversas tecnologias podem ser difundidas por meio de redes de comunicação ao longo do tempo, as quais são sustentadas por um ambiente social. Em relação às áreas rurais, as cooperativas de agricultores podem ser caracterizadas como o principal canal de “agrupamento” de indivíduos que compartilham interesses comuns, além de ser uma forma de facilitar o acesso dos produtores ao mundo digital (Drewry et al, 2019; Chamola et al., 2022 ).

A participação em cooperativas tem sido vista como uma proxy para o capital social dos agricultores. Supostamente, os agricultores que participam de cooperativas têm maior acesso às informações, maior interação e podem compartilhar experiências relevantes para as atividades agrícolas, o que afeta positivamente a adoção de novas tecnologias (Manda et

al., 2020; Zhang et al, 2020 ; Ruzzante et al, 2021).

Além do fortalecimento das relações sociais, a participação em cooperativas permite a adoção coletiva de tecnologias de alto valor, possibilitando aos agricultores o acesso a inovações que de outra forma seria financeiramente inviável (Carrer et al, 2017; Zhang et al, 2020). A tecnologia investigada neste estudo não é inacessível aos agricultores devido ao seu baixo custo - tanto para adotá-la quanto para utilizá-la. No entanto, isso não diminui a importância da participação em cooperativas, considerando que a interação, a experiência e a troca de informações são incentivos para a adoção de tecnologias digitais (Vinholis et al., 2016; Carrer et al, 2017). Além disso, smartphones e grupos de compartilhamento de informações são meios para estreitar vínculos e relações entre os agricultores. Em grande parte, esses vínculos são desenvolvidos em cooperativas e associações. Assim, grupos de compartilhamento de informações podem ser criados a partir de relacionamentos previamente estabelecidos em uma cooperativa.

Assim, estabelece-se a seguinte hipótese :

**H.4a:** *O produtor rural que é membro de de cooperativas têm maior probabilidade de participar de grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias.*

### **3.2.5. Escala de produção**

A relação entre o tamanho da fazenda e a adoção de tecnologias tem sido amplamente explorada na literatura. O tamanho da fazenda está diretamente relacionado a uma maior flexibilidade nas decisões, maior acesso a recursos financeiros e maior capacidade de assumir riscos. Da mesma forma, algumas tecnologias são caracterizadas pela existência de economias de escala, o que constitui uma barreira considerável para a adoção de tecnologia por pequenos produtores. Em geral, há um efeito positivo da escala de produção na adoção de tecnologias agrícolas digitais (Carrer et al., 2017; Michels et al., 2020; Carrer et al., 2022).

Embora existam evidências de que a escala de produção tem um efeito positivo na probabilidade de os agricultores adotarem tecnologias digitais, devemos refletir sobre as tecnologias analisadas neste estudo. Por um lado, não há necessidade de alto investimento inicial, nem riscos significativos ou economias de escala que impeçam a adoção de smartphones ou o uso de aplicativos de compartilhamento de informações gerenciais pelos pequenos agricultores. Por outro lado, Michels et al. (2020) encontraram evidências empíricas de que os smartphones e seus aplicativos reduzem os custos de gerenciamento e coordenação de recursos, principalmente em fazendas com escalas de produção maiores.

Como as grandes fazendas têm uma equipe maior, os gerentes podem usar aplicativos de compartilhamento de mensagens para otimizar a comunicação interna. Em resumo, a maior complexidade organizacional de grandes propriedades tende a aumentar a utilidade marginal do uso de smartphones e aplicativos para produtores maiores. Portanto, tem-se a seguinte hipótese:

**H.5a:** *O tamanho da propriedade tem um efeito positivo na participação dos agricultores em grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias.*

### **3.2.6. Impacto da tecnologia digital no desempenho das fazendas**

A adoção de tecnologias digitais pode auxiliar os agricultores nas decisões de gerenciamento da propriedade rural, exercendo impacto positivo no desempenho econômico da fazenda. Os mecanismos de impacto potencial dessas tecnologias seriam melhor acesso à informação, aprendizado dos agricultores e maior facilidade para gestão das cadeias de suprimentos de insumos e produtos; reduzindo custos de transação e facilitando o acesso a outros serviços, incluindo crédito, assistência técnica, derivativos e seguros (Aker, 2011). De fato, existem algumas evidências empíricas de que a adoção de tecnologias digitais pelos agricultores reduziu os custos de transação, melhorou a eficiência do uso de recursos e aumentou a renda agrícola (Ma et al., 2020; Min et al., 2020; Zhu et al., 2021 ; Carrer et al., 2022). Os grupos/aplicativos agrícolas de compartilhamento de informações analisados neste estudo fornecem um ambiente de baixo custo para troca de experiências e informações em tempo real entre agricultores, agrônomos, veterinários, analistas de mercado, pesquisadores, formuladores de políticas, extensionistas, etc. Esses aplicativos também facilitam o acesso dos produtores rurais a mercados de compra de insumos e venda de produto, bem como a serviços de extensão rural, crédito, seguros e outros.

Será testada empiricamente uma hipótese do impacto da adoção de aplicativos de compartilhamento agrícola em um indicador de desempenho das fazendas:

**H.6 :** *A participação em grupos/aplicativos de compartilhamento de informações agropecuárias melhora as decisões de gestão dos agricultores e, conseqüentemente, o desempenho das fazendas.*

## **3.3. Material e métodos**

### **3.3.1. Amostra**

A análise empírica para este estudo foi realizada com base em dados primários de uma amostra aleatória de 175 produtores rurais do estado de São Paulo, Brasil. Os dados

foram coletados por meio de questionários estruturados aplicados presencialmente em projeto de pesquisa de campo financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP.

Os dados referem-se ao ano-safra 2015/2016 (*corte transversal*) e abrangem fazendas localizadas nas principais regiões produtoras de gado do estado de São Paulo. Os produtores da amostra podem produzir diferentes produtos agrícolas em suas fazendas, mas todos eles são criadores de gado (corte ou leite). Dos 175 agricultores da amostra, 66 (37,7%) participaram de grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias (adotantes) e 109 (62,3%) não participaram (não adotantes).

Durante a pesquisa de campo, observamos que os aplicativos de mensagens e a participação em grupos virtuais criados e administrados por cooperativas, institutos de pesquisa/extensão, consultores e representantes de indústrias de insumos foram de extrema importância para melhorar a tomada de decisões gerenciais dos pecuaristas a baixo custo. Informações em tempo real sobre aspectos econômicos (preços da carne e leite, preços de insumos, oportunidades de venda nos mercados de carne e leite e condições do mercado de crédito rural), veterinários (recomendações de medicamentos e vacinas e informações sobre tratamento de doenças) e nutrição (recomendações de manejo de alimentos e pastagens) foram acessadas e compartilhadas sempre em qualquer lugar a um custo consideravelmente baixo pelos produtores.

### **3.3.2. Modelos econométricos**

#### **3.3.2.1. Modelo Poisson Double-Hurdle**

Duas decisões diferentes dos produtores são modeladas neste artigo. A primeira decisão se refere à 'ser participante/adotante de grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias'. Isso equivale a decidir se a contagem será zero (não participante) ou positiva (participante). A segunda decisão é quantos grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias o produtor participará, já que a contagem será positiva. Assim, pode-se considerar dois tipos de produtores: os que não adotam/participam de grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias e os que adotam/participam. Para este último, a contagem observada é o número de grupos, dado que o número de grupos será positivo.

O modelo Poisson Double Hurdle é apropriado para a modelagem econométrica, porque assume duas decisões distintas: “sim ou não” e “quantos, dado que sim”. O modelo

assume que os zeros e não- zeros (positivos) vêm de diferentes processos geradores de dados. As variáveis explicativas podem ter impactos diferentes em cada estágio do processo de decisão. Um modelo de probabilidade binária (logit ou probit) determina se ocorre um resultado zero ou diferente de zero, então, no último caso, uma distribuição de Poisson (truncada) descreve os resultados positivos (Greene, 2003).

A estrutura geral de um modelo Poisson Double hurdle é dada por:

$$Pr(Y_i = j) = \begin{cases} f_i(0) = w, & j = 0 \\ \frac{1-f_i(0)}{1-P_i(0)} P_i(j), & j > 0 \end{cases} \quad (1)$$

onde  $f_i(0)$  é a probabilidade do resultado zero,  $P_i(j)$  é a probabilidade dos resultados não nulos condicionados ao resultado ser maior que zero, e o subscrito  $i$  indica dependência de covariáveis  $z_i$  para  $f_i$  e  $x_i$  para  $P_i$ . A combinação dos dois produz a distribuição incondicional acima (Greene, 2003).

O modelo Poisson hurdle pode ser montado a partir de quaisquer modelos de escolha binária e de dados de contagem desejados. Diferentes formas funcionais foram testadas neste estudo. Uma distribuição logit para um modelo de probabilidade binária (participação x não participação) e uma distribuição de Poisson para os resultados positivos (intensidade na participação) apresentaram resultados consistentes e satisfatórios. As variáveis independentes/exógenas são as mesmas nas duas etapas do processo de decisão.

As variáveis utilizadas no modelo Poisson Double Hurdle são apresentadas na Tabela 1. Essas variáveis foram especificadas para testar as hipóteses apresentadas na seção 2 deste artigo (exceto a  $H6$ ).

Tabela 1. Variáveis utilizadas no modelo de Poisson double hurdle.

Variável	Descrição	Hipótese
<i>Dependente variável</i>		
<i>Smart (Y)</i>	Variável que mede a participação ou não dos produtores em grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias. Para os produtores que participam, a variável mede o número de grupos.	N / D
<i>variáveis independentes</i>		
<b>1. Capital Humano</b>		
<i>School (X<sub>1</sub>)</i>	Variável binária que assume o valor 1 para produtores com nível superior; 0 caso contrário	H1a
<i>Exp (X<sub>2</sub>)</i>	Tempo de experiência em gestão da fazenda (em anos)	H1b
<b>2. Características comportamentais</b>		
<i>Risk (X<sub>3</sub>)</i>	Índice de propensão ao risco: quanto mais próximo de 5, maior	H2a

	a propensão ao risco. Construído de acordo com o grau de discordância dos produtores (escala Likert, de 1 – concordo totalmente – a 5 – discordo totalmente) com a afirmação: ( i ) “quando se trata de negócios, sempre prefiro a opção mais segura, mesmo que signifique menor lucro”. Variável comportamental com base nos estudos de Franken et al. (2014) e Carrer et al. (2022).	
<i>Inova ( X 4 )</i>	Índice de propensão à inovação: quanto mais próximo de 1, maior a propensão à inovação do agricultor. Construído de acordo com o nível de concordância dos produtores (escala Likert, de 1 – discordo totalmente – a 5 – concordo totalmente) com 4 afirmações: (i) “Gosto de experimentar novas tecnologias na minha propriedade rural”; (ii) “Enfrento desafios com mais frequência do que outros produtores”; (iii) “Gosto de discutir minhas experiências abertamente com outros produtores”; (iv) “Sou um produtor inovador”. As respostas são somadas e o resultado é dividido por vinte. Variável comportamental definida com base nos estudos de Bhatti (2007) e Aubert et al. (2012).	H2b
<b>3. Características de Gestão</b>		
<i>Assist ( X 5 )</i>	Número de vezes que o produtor recebeu consultores especializados em sua fazenda na safra 2015/2016. Essa variável mede a intensidade do uso da assistência técnica e gerencial.	H3a
<i>Plan ( X 6 )</i>	Variável binária que assume valor 1 se o produtor faz planejamento anual de safra e 0 caso contrário.	H3b
<b>4. Interação social</b>		
<i>Coop ( X 7 )</i>	Variável binária que assume o valor 1 se o produtor for membro de uma cooperativa agroindustrial; 0 caso contrário	H4a
<b>5. Escala de produção</b>		
<i>Size ( X 8 )</i>	Área total da fazenda (em hectares)	H5a

A Tabela 2 apresenta uma análise comparativa de dois grupos de produtores da amostra: participantes e não participantes de grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias para apoio à tomada de decisão gerencial. Dos 66 produtores que participaram de grupos digitais de compartilhamento de informações, 48 participaram de um grupo, 10 participaram de dois grupos, 4 participaram de três grupos, 2 participaram de quatro grupos e 2 participaram de mais de quatro grupos.

Tabela 2. Comparação entre participantes e não participantes em grupos de compartilhamento de informações agropecuárias para a tomada de decisões de gestão.

Participantes/adotantes		Não participantes/não adotantes		valor-p
66 fazendeiros		109 agricultores		
Média	DP	Média	DP	

<i>School</i>	0,666	0,475	0,376	0,486	0,000
<i>Exp</i>	49.515	11.289	57.02	13.882	0,000
<i>Risk</i>	3.500	1.026	3.871	0,210	0,027
<i>Inova</i>	0,784	0,113	0,735	0,171	0,022
<i>Assist</i>	8.606	9.122	5.844	8.979	0,052
<i>Plan</i>	0,166	0,375	0,045	0,210	0,018
<i>Coop</i>	0,742	0,440	0,633	0,484	0,127
<i>Size*</i>	380,1	410,8	273,5	265,6	0,113
<i>Renda**</i>	4.042,9	3.137,1	3.306,3	2.971,9	0,063

\* variável utilizada em escala logarítmica no modelo Poisson.

\*\* variável utilizada como proxy do desempenho das fazendas na análise de impacto .

### 3.3.2.2. Análise de impacto

Esse artigo também se preocupou em avaliar como a participação dos produtores em grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias afeta o desempenho das propriedades (*Hipótese 6*). Dois modelos econométricos são estimados para realizar esta análise. A primeira é uma regressão de mínimos quadrados ordinários (OLS) representada pela equação (2):

$$\log(I_i) = \beta_0 + \beta_1 x_i + \alpha_1 S_i + u_1 \quad (2)$$

em que a variável  $I_i$  representa a renda por hectare da fazenda  $i$  na safra 2015/16 ;  $x_i$  é um vetor de variáveis exógenas ; e  $S_i$  é uma variável dummy que descreve a participação ou não do produtor  $i$  em grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias . Os coeficientes a serem estimados são representados por  $\beta_0$  e  $\alpha_1$ , e pelo vetor  $\beta_1$ . o coeficiente  $\alpha_1$  mostra o impacto da participação dos produtores em grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias sobre a renda por hectare das fazendas. Assim, este é o coeficiente de maior interesse nesta análise.

O segundo modelo econométrico estimado para testar a *Hipótese 6* trata de potenciais problemas de endogeneidade. Fatores não observados que afetam a decisão dos produtores de participar de grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias também podem afetar o desempenho das propriedades (por exemplo, capacidades gerenciais dos agricultores). Então, como em outras análises de impacto (Min et al., 2020; Kumar et al., 2021 e Vinholis et al., 2021), pode surgir o problema de endogeneidade. Um sistema de equações simultâneas (SES) estimado por Mínimos Quadrados de Três Estágios (3SLS) foi aplicado para lidar com a endogeneidade:

$$\begin{aligned} \log(I_i) &= \beta_0 + \beta_1 x_i + \delta_1 z_1 + \alpha_1 S_i + u_1 \\ S_i &= \alpha_0 + \beta_2 x_i + \delta_2 z_2 + \alpha_2 \log(I_i) + u_2 \end{aligned} \quad (3)$$

em que as variáveis  $I_i$  representam a renda por hectare da fazenda  $i$  na safra 2015/16;  $S_i$  é uma variável dummy para a participação do produtor  $i$  em grupos de compartilhamento de informações agropecuárias; o vetor  $\mathbf{x}$  contém as variáveis exógenas comuns às duas equações; e os vetores  $\mathbf{z}_1$  e  $\mathbf{z}_2$  representam as variáveis exógenas/instrumentais exclusivas da primeira e segunda equações, respectivamente. Os coeficientes a serem estimados são representados por  $\beta_0$ ,  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$ , e pelos vetores  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\delta_1$  e  $\delta_2$ . Os erros  $u_1$  e  $u_2$  representam os componentes não observados dos modelos e devem apresentar média zero e variância constante. Este método econométrico assume que as regressões são dependentes, além da endogeneidade dos regressores e da correlação entre os erros. Em outras palavras, as informações referentes às variáveis endógenas do sistema são levadas em consideração para estimar a covariância dos erros entre as equações.

Para simplificar a análise, a estimativa 3SLS assumiu modelos de probabilidade linear (LPM). O LPM é uma aproximação simples e geralmente conveniente para a probabilidade de resposta subjacente, especialmente quando se está interessado apenas em analisar os impactos líquidos médios das variáveis explicativas para os intervalos intermediários dos dados (Wooldridge, 2015).

A Tabela 3 apresenta as variáveis utilizadas para estimar o impacto da participação dos produtores em grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias sobre a renda por hectare das fazendas.

**Tabela 3.** Variáveis usadas nos modelos OLS e 3SLS para analisar o impacto de participação dos produtores em grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias sobre a renda por hectare das fazendas.

Variável	Descrição	Média	DP
<i>Variável dependente</i>			
<i>Renda ( <math>I_i</math> )</i>	Renda por hectare na safra 2015/16 (em reais). A variável foi calculada pela soma do valor da produção de todas as produções agrícolas dividida pela área total de produção da fazenda.	3.584,08	3.047,41
<i>Variáveis independentes</i>			
<i>SmartBinary</i>	Variável binária que assume valor 1 caso o produtor participe de grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias para auxiliar a tomada de decisão na gestão da fazenda; 0 caso contrário*	0,377	0,486
<i>School</i>	Variável binária que assume o valor 1 para	0,486	0,501

<i>Assist</i>	produtores com nível superior; 0 caso contrário Número de vezes que um produtor recebeu consultores especializados em sua fazenda na safra 2015/2016. Essa variável mede a intensidade do uso da assistência técnica e gerencial.	6.885	9.107
<i>Coop</i>	Variável binária que assume o valor 1 se o produtor for membro de uma cooperativa agroindustrial; 0 caso contrário	0,674	0,469
<i>Size</i>	Área da fazenda (em hectares)	5.206	1.071
<i>Credit</i>	Variável binária que assume o valor 1 para os produtores que acessaram o crédito rural nas safras 2014/15 e 2015/16; 0 caso contrário**	0,748	0,435
<i>Stocking</i>	Número de unidades animais (UA) por hectare**	1.602	0,872

\* Variável tratada como endógena nas estimações 3SLS e estimada utilizando *Exp*, *Risk* e *Inova* como instrumentos.

\*\* Variáveis utilizadas como instrumentos para estimativa de *Renda* no modelo 3SLS.

### 3.4. Resultados e discussão

A Tabela 4 apresenta os resultados do modelo de Poisson hurdle. O modelo foi estatisticamente significativo, conforme demonstrado por um teste de razão de verossimilhança (LR) ( $P < 0,001$ ). Assim, a hipótese nula de que todos os coeficientes são estatisticamente iguais a zero foi rejeitada. O pseudo-R- quadrado de McFadden do modelo indica um ajuste relativamente bom. Também testamos a multicolinearidade nos modelos, que foram rejeitados pelo fator de inflação de variância (VIF).

**Tabela 4.** Estimativas do modelo econométrico Poisson hurdle: determinantes da participação e intensidade de participação dos produtores em grupos de compartilhamento de informações agropecuárias.

	Parâmetros da equação do modelo logit		Parâmetros da equação do modelo de contagem	
	Coeficiente	efeito marginal	Coeficiente	efeito marginal
<i>Constante</i>	-0,4146	-	-3,64746*	-
<i>School</i>	0,99448***	0,29351	0,49423	0,16076
<i>Exp</i>	-0,04170***	-0,01231	0,01031	0,00335
<i>Risk</i>	-0,20261	-0,05980	0,50599***	0,16459
<i>Inova</i>	2,20899	0,65196	-1,76444	-0,57394
<i>Assist</i>	0,00538	0,00159	0,04745***	0,01544
<i>Plan</i>	1,20127**	0,35454	0,62819*	0,20434

<i>Coop</i>	0,41965	0,12386	2.29763**	0,74737
<i>Size</i>	0,04416	0,01303	-0,08616	-0,02803

Função de log-verossimilhança	-157.75493
qui quadrado	32.52568
Nível de significância	0,000000
R <sup>2</sup> McFadden	0,1934551

\*\*\*, \*\*, \* estatisticamente significativo a 1%, 5%, 10%, respectivamente.

As estimativas da equação logit apresentam os efeitos das variáveis explicativas sobre a probabilidade de participação dos produtores em grupos de compartilhamento de informações agropecuárias (variável dependente binária). Por sua vez, os parâmetros da equação do modelo de contagem mostram os efeitos das variáveis explicativas sobre a intensidade da participação dos produtores em grupos de compartilhamento de informações agropecuárias, dado que o produtor escolheu participar. As variáveis escolaridade (*School*), experiência (*Exp*) e planejamento da produção (*Plan*) afetaram significativamente a decisão dos produtores em participar de grupos digitais para acesso e compartilhamento de informações agropecuárias. Por sua vez, as variáveis propensão ao risco (*Risk*), assistência técnica e gerencial (*Assist*), planejamento da produção (*Plan*) e cooperativa agroindustrial (*Coop*) afetaram o número de grupos dos quais os produtores participam (uma proxy para a intensidade de acesso à informação e compartilhamento em grupos sociais digitais).

O coeficiente da variável escolaridade (*School*) tem efeitos positivos e estatisticamente significativos sobre a probabilidade de participação dos produtores em aplicativos de compartilhamento de informações agropecuárias (decisão binária). Portanto, a hipótese *H1a* é corroborada pelos resultados econométricos deste estudo, o que está em consonância com outros estudos empíricos sobre a adoção de tecnologias de agricultura digital (Carrer et al, 2017; Knuth et al., 2018; Michels et al., 2020). Este resultado enfatiza a grande relevância das capacidades, conhecimentos e competências acumuladas pelos produtores para a difusão de tecnologias digitais na agropecuária. Produtores mais qualificados são mais propensos a acessar e compartilhar informações técnicas e econômicas. Não obstante, também pode ser argumentado que a educação, capacidades e habilidades dos produtores são fatores limitantes para compreender, adotar e manusear as

tecnologias digitais. Essas limitações revelam a necessidade de investir na qualificação do capital humano para fomentar a difusão de tecnologias digitais no agronegócio brasileiro.

O coeficiente da variável *Exp* apresentou efeito negativo e estatisticamente significativo sobre a probabilidade de participação dos produtores em grupos de compartilhamento de informações agropecuárias. Este resultado corrobora a hipótese *H1b*. Os produtores mais jovens costumam participar mais ativamente das redes para fins de compartilhamento de informações e estão mais familiarizados com as funcionalidades dos smartphones e seus aplicativos. Esse resultado corrobora com os achados de Pivoto et al (2019) e Michels et al (2020).

Dentre as características comportamentais, propensão ao risco (*Risk*) e propensão à inovação (*Inova*), apenas a primeira apresentou efeito estatisticamente significativo sobre o número de grupos dos quais os produtores participam. Assim, apenas a hipótese H2a foi corroborada. Produtores rurais mais propensos ao risco tendem a aceitar novas tecnologias e práticas de manejo com mais rapidez e facilidade, o que torna o uso de novas tecnologias digitais mais frequente em suas fazendas. Este resultado corrobora que as preferências de risco dos produtores influenciam fortemente em sua disposição de adotar tecnologias (Mao et al., 2019). No entanto, é importante notar que a variável *Risco* afetou apenas a intensidade de participação em grupos digitais de informações agropecuárias. Essa variável não foi relevante para explicar a decisão binária de participar ou não desses grupos.

A variável *Assist* tem efeito positivo e estatisticamente significativo sobre a intensidade de participação dos produtores em grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias, corroborando *H3a*. Os consultores especializados têm utilizado cada vez mais os grupos digitais para compartilhar recomendações técnicas e econômicas. Assim, os produtores que contratam consultores especializados participam com mais frequência de grupos digitais para receber uma maior quantidade de informações e recomendações. De fato, alguns grupos digitais foram formados exclusivamente para facilitar a comunicação entre produtores e consultores especialistas, reduzindo tempo e custos de acesso e compartilhamento de informações.

A hipótese *H3b* foi corroborada pelos resultados do modelo estimado. O uso de ferramentas de planejamento da safra/produção (*Plan*) afetou positivamente tanto a probabilidade de participação quanto a intensidade de uso de grupos sociais digitais para acesso e compartilhamento de informações agropecuárias. A adoção de ferramentas de

planejamento da produção indica maior intensidade de uso de técnicas de gestão da propriedade e maior demanda por informações técnicas e mercadológicas para elaborar, executar e controlar o planejamento. Esse tipo de informação pode ser obtido através de smartphones, aplicativos e grupos dedicados. Assim, é possível perceber a existência de complementaridades entre as características de gerenciamento da fazenda e a adoção de aplicativos para troca de informações agropecuárias, o que também foi verificado em outras análises empíricas (Carrer et al., 2017; Michels et al, 2020).

O coeficiente estimado da variável *Coop* apresentou efeito positivo e estatisticamente significativo sobre a intensidade de participação dos produtores em grupos de compartilhamento de informações agropecuárias. Entretanto, essa variável não se mostrou relevante para explicar a decisão de participação. De fato, grupos de troca de informações econômicas e técnicas são frequentemente estabelecidos no âmbito de cooperativas e organizações que envolvem produtores e demais agentes do sistema agroindustrial. Quando os produtores se associam às cooperativas, ficam mais “expostos” às novas informações e tecnologias. Esse resultado vai ao encontro de diversos outros estudos que verificaram a importância das relações sociais para explicar a adoção de tecnologias digitais pelos produtores (Manda et al., 2020; Zhang et al, 2020; Ruzzante et al, 2021).

As hipóteses *H2b* e *H5a* não foram corroboradas pelos resultados do modelo econométrico estimado. Assim, a propensão à inovação e a escala de produção não se mostraram relevantes para explicar as decisões dos produtores de participar de grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias.

A “segunda etapa” das análises econométricas teve como objetivo investigar os impactos da participação dos produtores em grupos de compartilhamento de informações agropecuárias sobre a renda por hectare das fazendas. Os modelos foram estimados usando procedimentos de estimação OLS e 3SLS (Tabela 5). As estatísticas de qualidade de ajuste dos modelos (R-quadrado) variam de 0,25 a 0,38. A estimativa da covariância dos erros,  $cov(u_1u_2)$ , não é estatisticamente significativa ao nível de 10 %, o que significa que não há correlação entre os erros de ambas as equações. Assim, a hipótese de endogeneidade é refutada, as estimativas de OLS tendem a ser consistentes e os resultados são discutidos com base nisso. No entanto, os resultados do 3SLS também foram apresentados na Tabela 5 para mostrar a robustez dos parâmetros estimados em ambos os modelos. Para simplificar, apresentamos apenas os resultados da equação dos determinantes da renda por hectare.

**Tabela 5.** Estimativas dos modelos OLS e 3SLS para determinantes da renda por hectare.

Variável	OLS		3SLS	
Constante	7,98959	***	7,90605	***
<i>SmartBinary</i>	0,20411	**	0,83264	**
<i>School</i>	-0,22812	**	-0,39513	**
<i>Assist</i>	0,01107	**	0,00698	
<i>Coop</i>	0,22799	**	0,19894	*
<i>Size</i>	-0,14242	***	-0,14256	***
<i>Credit</i>	0,15523		0,13738	
<i>Stocking</i>	0,85048	***	0,82174	***
$R^2$	0,3821		0,25486	
$cov(u_1, u_2)$			-0,0001	

\*\*\*, \*\*, \* estatisticamente significativo a 1%, 5%, 10%, respectivamente.

As estimativas OLS e 3SLS indicam um impacto positivo e estatisticamente significativo da participação dos agricultores em grupos de compartilhamento de informações agropecuárias (*Smart*) no indicador de desempenho das fazendas (renda por hectare), o que corrobora a *Hipótese 6*. A participação em grupos de informações agropecuárias aumenta a renda por hectare da fazenda em aproximadamente 22,3% no modelo OLS, controlado pelas demais variáveis.

Este resultado empírico corrobora com a ideia de que os grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias são ferramentas importantes para auxiliar os agricultores em suas decisões, reduzindo as assimetrias informacionais e proporcionando oportunidades para melhorar o uso de recursos e acesso a serviços. Especificamente, produtores de gado e outros membros de grupos virtuais resolvem em conjunto problemas de produção; compartilham experiências sobre o uso de insumos e tecnologias; compartilham eventos agrícolas (dias de campo, webinars e feira agrícola); divulgam preços; discutem as condições de mercado considerando o ambiente econômico; comercializam bovinos; compartilham inovações e adaptam algumas práticas agrícolas, máquinas e equipamentos, compartilhando fotos, áudios, filmes e textos. Além da troca de informações e experiências, a rede digital oferece oportunidades de aprendizado e inovação. Nossa

evidência empírica de impactos positivos da adoção de tecnologia digital no desempenho das fazendas está de acordo com os estudos de Min et al. (2020), Zhu et al. (2021) e Carrer et al. (2022).

As variáveis de controle *School*, *Assist*, *Coop*, *Size* e *Stocking* também se mostraram importantes para determinar o rendimento por hectare das propriedades. No entanto, os efeitos de *Size* e *School* foram contrários ao esperado. No caso da variável *Size*, uma possível explicação é que pode existir uma relação inversa entre o tamanho da propriedade e a produtividade da terra (Helfand e Taylor, 2021), o que influenciaria negativamente a renda da propriedade por hectare. Por sua vez, os retornos à educação podem ser afetados pela qualidade da educação (Card e Krueger, 1992) bem como pela área de conhecimento do curso superior associado às ciências agrárias, o que poderia explicar o resultado da variável *School*.

Por fim, a Tabela 6 resume as hipóteses e os resultados empíricos do artigo.

Tabela 6. Síntese das hipóteses de pesquisa testadas e resultados econométricos.

Hipótese	Variável usada para testar a hipótese	A hipótese foi corroborada pelos modelos econométricos?
H <sub>1</sub> a: Agricultores com maior nível de escolaridade são mais propensos a participar de grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias.	<i>School</i> ( $X_1$ )	Sim
H1b: Quanto maior a experiência/idade do agricultor, menor a probabilidade de participação em grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias.	<i>Exp</i> ( $X_2$ )	Sim
H.2a: Agricultores com maior propensão a assumir riscos têm maior probabilidade de participar de grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias.	<i>Risk</i> ( $X_3$ )	Sim
H.2b: Quanto mais propensos à inovação forem os agricultores, maior a probabilidade de que eles participem de grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias.	<i>Inova</i> ( $X_4$ )	Não
H.3a: Quanto mais próxima for a interação entre agricultores e consultores especializados, maior será a probabilidade de participação dos agricultores em grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias.	<i>Assist</i> ( $X_5$ )	Sim
H.3b: O uso de ferramentas para planejar a produção/safra tem um efeito positivo na probabilidade de os agricultores participarem de grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias.	<i>Plan</i> ( $X_6$ )	Sim
H.4a: Os agricultores membros de cooperativas têm maior probabilidade de participar de grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias.	<i>Coop</i> ( $X_7$ )	Sim
H.5a: O tamanho da fazenda tem um efeito positivo na participação dos agricultores em grupos digitais de compartilhamento de informações agropecuárias.	<i>Size</i> ( $X_8$ )	Não
H6: A participação em grupos/aplicativos de compartilhamento de informações agropecuárias melhora as decisões de gestão dos agricultores e,	<i>SmartBinary</i>	Sim

### **3.5. Conclusões**

Este estudo estimou os efeitos de variáveis que representam aspectos comportamentais, capital humano e social dos agricultores e características gerenciais das fazendas sobre a probabilidade de adoção e intensidade de uso de grupos de compartilhamento de informações agropecuárias. Os determinantes de adoção e intensidade de uso foram: escolaridade, idade, propensão ao risco, interação com consultores especializados, uso de ferramentas de planejamento da produção e participação em cooperativas. Além disso, a adoção de grupos de compartilhamento de informações agropecuárias para auxiliar as decisões de gerenciamento dos agricultores exerceu impacto positivo na renda por hectare das fazendas.

Um achado importante do estudo é a não significância da escala de produção para explicar a adoção das tecnologias digitais analisadas. Essas tecnologias podem superar barreiras gerenciais e melhorar os processos de tomada de decisão em pequenas e médias propriedades a um baixo custo. Ao fornecer acesso a informações valiosas, essas tecnologias digitais reduzem os custos de transação e melhoram o processo de decisões de gerenciamento dos agricultores. Os grupos de compartilhamento de informações agropecuárias criados nos aplicativos de mensagens são uma nova forma de interação na agropecuária que possibilita redes online com diversos stakeholders e tem potencial para aumentar o capital social, facilitar o engajamento no aprendizado, melhorar o acesso aos mercados e disseminar informações sobre tecnologias de produção.

Até onde sabemos, esta é a primeira análise empírica dos fatores que determinam a participação dos produtores brasileiros em grupos de compartilhamento de informações agropecuárias em aplicativos de mensagens on-line móveis, bem como seus impactos no desempenho das fazendas. O desenvolvimento de políticas públicas e estratégias privadas para disseminar tecnologias digitais em áreas rurais deve considerar esses achados. É importante aumentar a difusão das tecnologias digitais entre os agricultores, especialmente as tecnologias mais simples, de forma a promover a igualdade entre os agricultores no acesso à informação. Para isso, as tecnologias digitais “simples” devem ser viáveis para todos os tipos de agricultores.

Os dados de corte transversal de 2015/2016 são uma limitação do estudo. No entanto, no Brasil não há dados oficiais sobre o uso de smartphones, aplicativos de mensagens e participação de agricultores em grupos virtuais agrícolas. Os resultados sugerem fatores relevantes que influenciam a adoção dessas TICs e o potencial impacto que a participação em redes sociais virtuais exerce sobre o desempenho das fazendas. Esta é uma nova e importante forma de informação, interação e difusão de tecnologia na agricultura. Análises futuras considerando dados em painel com período de anos podem fornecer informações adicionais.

#### 4. CONCLUSÕES

Esta dissertação buscou compreender os fatores determinantes no processo de adoção de tecnologias digitais por produtores rurais. Outrossim, avaliou-se o impacto de uma tecnologia digital de baixo custo sobre o desempenho econômico de propriedades rurais. Por meio de revisão de literatura, constatou-se que escala de produção, escolaridade e idade tem sido apontadas como fatores de grande relevância no processo de adoção de tecnologias digitais por produtores rurais. Esses fatores devem ser considerados na formulação de estratégias e políticas visando à maior difusão de tecnologias da agricultura digital.

O artigo empírico da dissertação corroborou que variáveis como escolaridade, idade (efeito negativo), propensão ao risco, uso de técnicas de planejamento da produção e participação em cooperativas determinam a adoção e a intensidade de uso de tecnologias digitais de acesso e compartilhamento de informações agropecuárias em tempo real. A adoção dessas tecnologias, por sua vez, exerceu impacto positivo e estatisticamente significativo sobre a renda por hectare das propriedades rurais. Portanto, políticas públicas e estratégias privadas de difusão dessas tecnologias simples e de baixo custo podem melhorar o bem estar econômico dos produtores rurais.

Essa dissertação auxilia na compreensão do impacto que a adoção de uma tecnologia digital pode levar para o campo. Vale ressaltar que, além de produtores rurais, extensionistas, agrônomos, consultores, cooperativas, e pesquisadores podem se beneficiar do uso dessas tecnologias digitais de baixo custo. No âmbito acadêmico, a dissertação avançou em uma revisão de literatura sobre os determinantes da adoção de tecnologias digitais e uma análise empírica dos determinantes da adoção e impactos de grupos de compartilhamento de informações agropecuárias entre produtores rurais do estado de São Paulo. Para o melhor de nosso conhecimento, trata-se do primeiro estudo empírico a modelar econometricamente os determinantes e impactos da adoção de aplicativos e grupos sociais de troca de informações entre produtores rurais e demais agentes do sistema agroindustrial.

Por fim, entendeu-se que há uma necessidade de se expandir o uso das tecnologias digitais no campo, especialmente aquelas que apresentam um baixo valor de investimento e impactos econômicos positivos, como a apresentada neste trabalho, que se refere ao uso de smartphones e ferramentas de compartilhamento de mensagem que são utilizados como meios de apoio a tomada de decisão. Essas tecnologias podem ser consideradas as tecnologias de “entrada” e um meio de democratizar o acesso à informação em tempo real para pequenos e médios produtores. Abrem-se, então, várias possibilidades para desenvolvimento de ações governamentais e privadas afim de amplificar a difusão das

tecnologias no mundo rural, já que as principais barreiras se tornaram conhecidas. Neste cenário, há uma lacuna para criação não apenas de programas que incentivem o uso das tecnologias, mas também a necessidade de se amplificar a rede de internet e a programas educacionais voltados para o atendimento à este público, já que os anos de escolaridade se apresentam como um dos fatores que mais impactam o processo de adoção.

Entende-se ainda, que há uma questão principal que necessita ser explorada profundamente, o impacto da utilização das tecnologias digitais no meio ambiente, estudos sugerem que a inovação tecnológica pode ser uma grande aliada nessa nova e necessária era de preservação ambiental, sendo capaz de maximizar a produtividade sem que passa isso os recursos naturais sejam degradados, essa discussão emerge, neste momento como a principal área que deve vir a ser debatida, além de um imersão maior no impacto econômico advindo desse era de inovação.

A principal limitação do estudo consiste no uso de dados primários do ano safra 2015/16 para as análises econométricas. Diante do rápido desenvolvimento das inovações digitais, dados mais recentes poderiam trazer resultados diferentes. Contudo, diante da ausência de dados primários de propriedades rurais e de adoção de tecnologias digitais, o estudo avançou no conhecimento acerca dos determinantes da adoção e impactos de tecnologias digitais na agropecuária brasileira. Estudos futuros com dados mais recentes e que analisem a adoção e impactos de outras tecnologias de agricultura digital seriam de grande relevância.

## Referências

Abeni, F. Petrera, F. & Galli, A. A Survey of Italian Dairy Farmer's Propensity for Precision Livestock Farming Tools. *Animals*, 9, 202. pp. 1-13.

Aker, J. C. (2011). Dial "A" for agriculture: A review of information and communication technologies for agricultural extension in developing countries. *Agricultural Economics*, 42, 631–647.

Alvarez, J., & Nuthall, P. (2006). Adoption of computer-based information systems: The case of dairy farmers in Canterbury, NZ, and Florida, Uruguay. *Computers and Electronics in Agriculture*, 50(1), 48-60.

Andersson, U. Dasí, À. Mudambu, R. Pedersen, T. (2016). Technology, innovation and knowledge: the importance of ideas and international connectivity. *Journal of world business*, v.51, n 1, p. 153-162.

Araújo, S.O. Peres, R.S, Barata, J. Lidon, F. Ramalho, J.C. (2021). Characterising the agriculture 4.0 landscape – emerging trends, challenges and oppotunities. *Agronomy*, v. 11, nº

Aubert, B. A., Schroeder, A., & Grimaudo, J. (2012). IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision Support Systems*, 54(1), 510-520.

Bacco, M. Barsocchi, P. Ferro, E. Gotta, A. Ruggeri, M. (2019)The digitisation of agriculture: a survey of research activities on smart farming. *Land Use Policy*, v. 80, p. 163-174

Bai, C. Dallasega, P. Orzes, G. & Sarkis, J. (2020). Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective, 229.

Barnes, A.P., Soto,I., Eory, V., Beck, B., Balafoutis, A., Sánchez, B., Vangeyte, J., Fountas, S., Van Der Wal, T., & Gómez-Barbero, M. (2019). Exploring the adoption of precision agriculture technologies: A cross regional study of EU farmers. *Land Policy*, 80, 163-174.

Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17 (1), 99-120.

Batalha, M.O. de Souza Filho, H.M. (2009). Analisando a competitividade de cadeias agroindustriais: uma proposição metodológica. In: Batalha, M.O.; de Souza Filho,

H.M. (Org.). O agronegócio no Mercosul: uma agenda para a competitividade. São Paulo: Atlas, 1 ed., p. 12-39.

Baumüller, H. (2018). The little we know: an exploratory literature review on the utility of mobile phone-enabled services for smallholder farmers. *Journal of International Development*, 30(1), 134-154.

Benitez-Altuna, F., Trienekens, J., Materia, V. C., & Bijman, J. (2021). Factors affecting the adoption of ecological intensification practices: A case study in vegetable production in Chile. *Agricultural Systems*, 194, 103283.

Bhatti, T. (2007). Exploring factors influencing the adoption of mobile commerce. *Journal of Internet Banking and Commerce*, 12. pp. 1-13.

Brick, K., & Visser, M. (2015). Risk preferences, technology adoption and insurance uptake: A framed experiment. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 118, pp. 383-396.

Bronson, K. (2018). Smart farming: including rights holders for responsible agricultural innovation. *Technology innovation management review*, v. 8, n° 3.

Bullock, D. S., & Bullock, D. G. (2000). From agronomic research to farm management guidelines: A primer on the economics of information and precision technology. *Precision Agriculture*, 2(1), 71-101.

Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2010). *Microeconometrics using stata* (Vol. 2). College Station, TX: Stata press.

Carrer, M. J., de Souza Filho, H. M., & Batalha, M. O. (2017). Factors influencing the adoption of Farm Management Information Systems (FMIS) by Brazilian citrus farmers. *Computers and Electronics in Agriculture*, 138, 11-19.

Carrer, M. J., de Souza Filho, H. M., Batalha, M. O., & Rossi, F. R. (2015). Farm Management Information Systems (FMIS) and technical efficiency: An analysis of citrus farms in Brazil. *Computers and Electronics in Agriculture*, 119, 105-111.

Carrer, M. J., de Souza Filho, H. M., Vinholis, M. D. M. B., & Mozambani, C. I. (2022). Precision agriculture adoption and technical efficiency: An analysis of sugarcane farms in Brazil. *Technological Forecasting and Social Change*, 177, 121510.

Chamola, D., Dey, A. K., Sahay, A., & Singh, R. (2022). Building members' trust in a producer company through social capital. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 12(5), pp. 809-823.

Che, Y., & Zhang, L. (2018). Human capital, technology adoption and firm performance: Impacts of China's higher education expansion in the late 1990s. *The Economic Journal*, 128(614), 2282-2320.

D'Antoni, J.M., Mishra, A.K., Joo, H. (2012). Farmers' perception of precision technology: The case of autosteer adoption by cotton farmers. *Computers and Electronics in Agriculture*, 87, 121-128.

Danquah, M., & Amankwah-Amoah, J. (2017). Assessing the relationships between human capital, innovation and technology adoption: Evidence from sub-Saharan Africa. *Technological Forecasting and Social Change*, 122, 24-33.

Dill, M.D., Emvalomatis, G., Saatkamp, H., Rossi, J.A., Pereira, G.R., & Barcellos, J.O.J. (2015). Factors affecting adoption of economic management practices in beef cattle production in Rio Grande do Sul state. *Journal of Rural Studies*, 42, 21-28.

Drewry, J. L., Shutske, J. M., Trechter, D., Luck, B. D., & Pitman, L. (2019). Assessment of digital technology adoption and access barriers among crop, dairy and livestock producers in Wisconsin. *Computers and Electronics in Agriculture*, 165, 104960.

Duncombe, R. (2011). Researching impact of mobile phone for development: concepts, methods and lessons for practice. *Information Technology for Development*, 17, 268-288.

Duncombe, R. (2014). Understanding the Impact of Mobile Phones on Livelihoods in Developing Countries. *Development Policy Review*, 32 (5), 567-588.

Feder, G., Richard, E., & Zilberman. (1985). Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries. *Economic Development and Cultural Change*, 33 (2), 255-298.

Filippini, R. Marescotti, M.E. Demartini, E. & Gaviglio, A. (2020). Social Networks as Drivers for technology Adoption: A Study from a Rural Mountain Area in Italy. *Sustainability*, 12, 9302. pp. 2-18.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. A Summary to assess synergies and trade-offs among the twenty interconnected sustainable food and agriculture (SFA) actions. 2020

Foster, A.D., Rosenzweig, M.R., 2010. Microeconomics of Technology Adoption. *Annual Review of Economics* 2, 395-424.

Franken, J.R.V., Pennings, J.M.E. and Garcia, P. (2014). Measuring the effect of

risk attitude on marketing behavior. *Agricultural Economics* 45, 1–11.

Galaz, V., Centeno, M. A., Callahan, P. W., Causevic, A., Patterson, T., Brass, I., & Levy, K. (2021). Artificial intelligence, systemic risks, and sustainability. *Technology in Society*, 67, 101741.

Geroski, P. A. (2000). Models of technology diffusion. *Research Policy*, v. 29, n. 4-5, p. 603– 625.

Ghadim, A. K. A., & Pannell, D. J. (1999). A conceptual framework of adoption of an agricultural innovation. *Agricultural Economics*, 21(2), 145–154.

Giné, X., & Yang, D. (2009). Insurance, credit, and technology adoption: Field experimental evidence from Malawi. *Journal of Development Economics*, 89(1), 1-11.

Giua, C., Materia, V.C., & Camanzi, L. (2021). Management information system adoption at the farm level: evidence from literature. *British Food Journal*, 123(3).

Giua, C., Materia, V. C., & Camanzi, L. (2022). Smart farming technologies adoption: Which factors play a role in the digital transition? *Technology in Society*, 68, 101869.

Godoe, P., & Johansen, T. (2012). Understanding adoption of new technologies: Technology readiness and technology acceptance as an integrated concept. *Journal of European Psychology Students*, 3(1), pp. 38–52.

Groher, T., Heitkämper, K., & Umstätter, C. (2020). Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. *Animal*, 14(11), 2404-2413.

Grossman, M. (2017). 2. *The Human Capital Model*. In: Determinants of Health. Columbia University Press, 42-110.

Gupta, M. Abdelsalam, M. Khorsandroo, S. & Mittal, S. (2020). Security and Privacy in Smart Farming: Challenges and Opportunities. Digital Object Identifier.

Hoang, H.G. & Nguyen, D.C. (2021) Determinantes of smallholders' adoption of mobile phones for vegetable marketing in Vietnam. Global Knowledge, Memory and Communication (GKMC).

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brazilian Institute of Geography and Statistics) (2017). *Brazilian Agricultural Census*. Available at <http://www.sidra.ibge.gov.br>

Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2022). Enhancing smart farming through the applications of Agriculture 4.0 technologies. *International Journal*

of *Intelligent Networks*, 3, 150-164.

Jin, B.O., Yoon, S.H., & Ji, Y.G. (2013). Development of a Continuous Usage Model for the Adoption and Continuous Usage of a Smartphone. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 29 (9), 563–581.

Khan, A. S. Ribeiro, D. G. L. Silva, L. M. R. Mesquita, T. C. (1991). Adoção de tecnologia na produção da cana-de-açúcar na região do Cariri - Ceará. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 29, n. 2, p. 175-182.

Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 90, 100315.

Knierim, A. Kernecker, M. Erdle, K. Kraus, T. Borges, F. Wurbs, A. (2019). Smart farming technology innovations – Insights and reflections from the German Smart AKIS hub. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, v. 90-21.

Knuth, U., Amjath-Babu, T. S., & Knierim, A. (2018). Adoption of farm management systems for cross compliance—an empirical case in Germany. *Journal of Environmental Management*, 220, 109-117.

Koellinger, P. (2008). The relationship between technology, innovation, and firm performance – Empirical evidence from e-business in Europe. *Research Policy* 37, 1317-1328.

Kolady, D. E., Van der Sluis, E., Uddin, M. M., & Deutz, A. P. (2021). Determinants of adoption and adoption intensity of precision agriculture technologies: evidence from South Dakota. *Precision Agriculture*, 22(3), 689-710.

Kongaut, C., & Bohlin, E. (2016). Investigating mobile broadband adoption and usage: A case of smartphones in Sweden. *Telematics and Informatics*, 33(3), 742–752.

Krell, N. T., Giroux, S. A., Guido, Z., Hannah, C., Lopus, S. E., Caylor, K. K., & Evans, T. P. (2021). Smallholder farmers' use of mobile phone services in central Kenya. *Climate and Development*, 13(3), 215-227.

Kumar, A., Tripathi, G. and Joshi, P.K. (2021). Adoption and impact of modern varieties of paddy in India: evidence from a nationally representative field survey. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 11 (3), 255-279.

Lepak, D., & Snell, S. (1999). The Human Resource Architecture: Toward a Theory of Human Capital Allocation and Development. *Academy of Management*

*Review*, 24, 31-48.

Liu, Y., Shu, L., Hancke, G.P., & Abu-Mahfouz, A.M. (2021) From Industry 4.0 to agriculture: current status, enabling technologies, and research challenges. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(6), 4322-4334.

Lockett, A., & Thompson, S. (2001). The resource-based view and economics. *Journal of Management*, 27, 723–754.

Lucas, R. (1988). On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42.

Ma, W., Grafton, R. Q., & Renwick, A. (2020). Smartphone use and income growth in rural China: Empirical results and policy implications. *Electronic Commerce Research*, 20(4), 713-736.

Ma, W., Renwick, A., Nie, P., Tang, J., & Cai, R. (2018). Off-farm work, smartphone use and household income: Evidence from rural China. *China Economic Review*, 52, 80-94.

Manda, J., Khonje, M. G., Alene, A. D., Tufa, A. H., Abdoulaye, T., Mutenje, M., & Manyong, V. (2020). Does cooperative membership increase and accelerate agricultural technology adoption? Empirical evidence from Zambia. *Technological Forecasting and Social Change*, 158, 120160.

Mao, H., Zhou, L., Ifft, J., & Ying, R. (2019). Risk preferences, production contracts and technology adoption by broiler farmers in China. *China Economic Review*, 54, 147-159.

Marra, M., Pannell, D. J., & Ghadim, A. A. (2003). The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: where are we on the learning curve? *Agricultural Systems*, 75(2-3), 215-234.

Massruhá, S. M. F. S., Leite, M. D. A., Oliveira, S. D. M., Meira, C. A. A., Luchiari Junior, A., & Bolfe, E. (2020). *Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas*. Embrapa Agricultura Digital-Livro científico (ALICE).

Michels, M., Fecke, W., Feil, J-H., Musshoff, O., Pigisch, J., & Krone, S. (2020). Smartphone adoption and use in agriculture: empirical evidence from Germany. *Precision Agriculture*, 21, 403-425

Michels, M., Bonke, V., & Musshoff, O. (2019). Understanding the adoption of

smartphone apps in dairy herd management. *American Dairy Science Association*. 102, pp. 9422-9434.

Min, S. Liu, M. & Huang, J. (2020). Does the application of ICTs facilitate the rural economic transformation in China? Empirical evidence from the use of smartphones among farmers. *Journal of Asian Economics*, 70.

Monte, E.Z. Teixeira, E.C. (2006). Determinantes da adoção da tecnologia de despolpamento na cafeicultura. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 44, nº02, p. 201-217.

Moysiadis, V. Sarigiannidis, P. Vitsas, V. & Khelifi, A. (2021). Smart Farming in Europe. *Computer Science Review*, 39.

Mubarak, M.F. & Petraite, M. (2020). Industry 4.0 technologies, digital trust and technological orientation: What matters in open innovation? *Technological Forecasting & Social Change*, 161.

Munasib, A., & Jordan, J. L. (2011). The effect of social capital on the choice to use sustainable agricultural practices. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 43(1379-2016-113720), 213-227.

Nascimento, D.L.M. Alencastro, V. Quelhas, O.L.G. Caiado, R.G.G. Garza-Reyes, J.A. Rocha-Lona, L. & Tortorella, G. (2019). Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30, 3. pp, 607-627.

Navarro, E. Costa, N. & Pereira, A. (2020). A Systematic Review of IoT Solutions for Smart Farming. *Sensors*, 20, 4231.

Piskur, B., Daniels, R., Jongmans, Ketelaar, M., Smeets, R.J., Norton, M., & Beurskens. (2014). Participation and social participation: are they distinct concepts? *Clinical Rehabilitation*, v. 28(3), 211–220

Pathak, H. S., Brown, P., & Best, T. (2019). A systematic literature review of the factors affecting the precision agriculture adoption process. *Precision Agriculture*, 20(6), 1292-1316.

Pivoto, D. Waquil, P.D, Talamini, E; Finocchio, C.P.S. Corte, V.F.D. Mores, G.V. (2018). Scientific development of smart farming Technologies and their application in Brazil. *Information Processing in agriculture* 5, 21-32.

Pivoto, D., Barham, B., Dabdab, P., Zhang, D., & Talamini E. (2019). Factors

influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. *International Food and Agribusiness Management Review*, 22(1030-2019-2946), 571-588.

Phillips, D. L. (1967). Social participation and happiness. *American Journal of Sociology*, 72(5), 479-488.

Premkumar, G., & Roberts, M. (1999). Adoption of new information technologies in rural small businesses. *Omega*, 27(4), 467-484.

Pruitt, J.R., Gillespie, J.M., Nehring, R.F., & Qushim, B. (2015). Adoption of Technology, Management Practices, and Production Systems by U.S. Beef Cow-Calf Producers. *Journal of Agricultural and Applied Economics*. v. 44, n°2, pp. 203-222.

Regan, Á. (2019). ‘Smart farming’ in Ireland: A risk perception study with key governance actors. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, v. 90-91.

Rijswijk, K., Klerkx, L., Bacco, M., Bartolini, F., Bulten, E., Debruyne, L., & Brunori, G. (2021). Digital transformation of agriculture and rural areas: A socio-cyber-physical system framework to support responsabilisation. *Journal of Rural Studies*, 85, pp. 79-90.

Rose, D. Sutherland, J. Parker, C. Lobley, M. Winter, M. Morris, C. Twining, S. Ffoulkes, C. Amano, T. & Dicks, L. (2016). Decision support tools for agriculture: Towards effective design and delivery. *Agricultural Systems*, 149, pp. 165-174.

Rose, D. C., Wheeler, R., Winter, M., Lobley, M., & Chivers, C. A. (2021). Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet. *Land Use Policy*, 100, 104933.

Routroy, S., & Behera, A. (2017). Agriculture supply chain: A systematic review of literature and implications for future research. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 7(3), pp. 275-302.

Ruzzante, S., Labarta, R., & Bilton, A. (2021). Adoption of agricultural technology in the developing world: a meta-analysis of the empirical literature. *World Development*, 146, 105599.

Saengwong, S. Intawicha, P. & Phuwisaranakom, P. (2021). Assisting Knowledge Dissemination os Postpartum Beef Cows Managemente using Smartphone-Based Technology. *Walaikak Journal*, 18, 11. Pp. 1-12.

Schutze, A. Helwig, N. & Scheneider, T. (2018). Sensors 4.0 – Smart sensors and measurement technology enable Industry 4.0. *Journal of sensors and sensor system*, 7.

pp, 359-371.

Schultz, T. W. (1961). Investment in Human Capital. *American Economic Review*, 51, 1-17.

Schumpeter, J. A. (1939). *Business cycles* (Vol. 1, 161-174). New York: Mcgraw-hill.

Shah, M. M., Grant, W. J., & Stockmayer, S. (2016). Farmer innovativeness and hybrid rice diffusion in Bangladesh. *Technological Forecasting and Social Change*, 108, pp. 54-62.

Shang, L., Heckelei, T., Gerullis, M.K., Borner, J., Rasch, S. (2021). Adoption and diffusion of digital farming technologies - integrating farm-level evidence and system interaction. *Agricultural Systems* 190.

Souza Filho, H.M., Buainain, A.M., Silveira, J.M.F.J., & Vinholis, M.M.B. (2011). Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 28, 223-255.

Souza Filho, H. M., Vinholis, M. M. B., Carrer, M. J., & Bernardo, R. (2021). Determinants of adoption of integrated systems by cattle farmers in the State of Sao Paulo, Brazil. *Agroforestry Systems*, 95(1), 103-117.

Steenefeld, W. & Hogeveen, H. (2015). Characterization of Dutch dairy farms using sensor systems for cow management. *Journal Dairy Science*, 98, pp. 709-717.

Sunding, D., & Zilberman, D. (2001). The agricultural innovation process: research and technology adoption in a changing agricultural sector. *Handbook of Agricultural Economics*, 1, 207-261.

Tamirat, T. W., Pedersen, S. M., & Lind, K. M. (2018). Farm and operator characteristics affecting adoption of precision agriculture in Denmark and Germany. *Acta Agriculturae Scandinavica*, Section B—Soil & Plant Science, 68(4), 349-357.

Teacher, A. G., Griffiths, D. J., Hodgson, D. J., & Inger, R. (2013). Smartphones in ecology and evolution: A guide for the app - rehensive. *Ecology and Evolution*, 3(16), 5268-5278.

Tiffin, R., & Balcombe, K. (2011). The determinants of technology adoption by UK farmers using Bayesian model averaging: The cases of organic production and computer usage. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 55(4), 579-598.

Thong, J. Y. (1999). An integrated model of information systems adoption in small businesses. *Journal of Management Information Systems*, 15(4), 187-214.

Vinholis, M.M.B. (2013). Fatores determinantes da adoção da certificação SISBOV/TRACES na pecuária de corte do estado de São Paulo. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP

Vinholis, M. D. M. B., Souza Filho, H. M. D., Carrer, M. J., & Chaddad, F. R. (2016). Determinants of recognition of TRACES certification as valuable opportunity at the farm level in São Paulo, Brazil. *Production*, 26, 78-90.

Vinholis, M.M.B. Carrer, M.J. de Souza Filho, H.M. (2017). Adoption of beef cattle traceability at farm level in São Paulo State, Brazil. *Ciência Rural*, v. 47, nº 09

Vinholis, M. D. M. B., Saes, M. S. M., Carrer, M. J., & de Souza Filho, H. M. (2021). The effect of meso-institutions on adoption of sustainable agricultural technology: A case study of the Brazilian Low Carbon Agriculture Plan. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124334.

Ward, P. S., Bell, A. R., Parkhurst, G. M., Droppelmann, K., & Mapemba, L. (2016). Heterogeneous preferences and the effects of incentives in promoting conservation agriculture in Malawi. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 222, 6779.

Watcharaanantapong, P., Roberts, R. K., Lambert, D. M., Larson, J. A., Velandia, M., English, B. C., & Wang, C. (2014). Timing of precision agriculture technology adoption in US cotton production. *Precision Agriculture*, 15(4), pp. 427-446.

Wilson, P., Hadley, D., & Asby, C. (2001). The influence of management characteristics on the technical efficiency of wheat farmers in eastern England. *Agricultural Economics*, 24(3), pp. 329-338.

Wooldridge, J. M. (2015). *Introductory econometrics: A modern approach*. Cengage learning.

Wolfert, S. G. L. Verdouw, C. Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming – a review. *Agricultural Systems*, v. 153, p. 69-80.

Xu, L.D. Xu, E.L. & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56:8. pp, 2941-2962.

Zhai, Z., Martínez, J. F., Beltran, V., & Martínez, N. L. (2020). Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, 105256.

Zhang, S., Sun, Z., Ma, W., & Valentinov, V. (2020). The effect of cooperative membership on agricultural technology adoption in Sichuan, China. *China Economic Review*, 62.

Zhu, X., Hu, R., Zhang, C., & Shi, G. (2021). Does Internet use improve technical efficiency? Evidence from apple production in China. *Technological Forecasting and Social Change*, 166, 120662.



**Termo de Conferência para Impressão do Diploma**

Prezada aluna: favor ler atentamente as informações abaixo, pois serão impressas em seu diploma.

Aluna: Juliana de Jesus Mendes

Programa: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Área de Concentração: Gestão da Produção

Título Obtido: Mestra em Engenharia de Produção

Filiação: Nayza de Jesus Mendes

Nacionalidade: brasileira

Local de Nascimento: São Carlos - SP

Data de Nascimento: 22/05/1992

Sexo: Feminino

CPF: 38280633812

RG: 48.254.212-3 (DEVE SER EXATAMENTE IGUAL AO RG, INCLUINDO PONTOS, TRAÇOS E LETRAS)

Órgão Expedidor / Estado: SSP/SP

Data da Defesa: 17/03/2023

Caso haja algum erro, escrever no quadro abaixo:

Li e concordo com as informações ( ) com as ressalvas acima (X) sem ressalvas.

Caso haja alguma informação errada após a expedição do diploma, me responsabilizarei pelas custas referentes à emissão da 2ª via.

Juliana de Jesus Mendes  
Aluna

Este documento somente será válido:

- a) com a assinatura única e exclusiva do aluno (assinaturas de terceiros não serão aceitas)
- b) a partir das defesas realizadas em 01/11/2014
- c) se gerado a partir do ProPGWeb