

Transformação digital em uma propriedade rural na região norte do Rio Grande do Sul: possibilidades e limitações

Digital transformation in a rural property in the northern region of Rio Grande do Sul: possibilities and limitations

Denize Grzybovski¹, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3798-1810>; Anelise Rebelato Mozzato², Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3821-746X>; Ícaro Romão Fiore de Farias³, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2034-898X>

1. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - IFRS- Campus Sertão - Sertão - RS – Brasil. E-mail: denizegrzy@gmail.com
2. Universidade de Passo Fundo (UPF) - Passo Fundo - RS – Brasil. E-mail: anerebe@upf.br
3. Universidade de Passo Fundo (UPF) - Passo Fundo - RS – Brasil. E-mail: icoffarias@gmail.com

Resumo

O objetivo foi refletir sobre possibilidades e limitações da transformação digital na gestão de uma propriedade rural na região norte do Rio Grande do Sul. Trata-se de uma pesquisa exploratória desenvolvida pela estratégia estudo de caso único, na região norte do Rio Grande do Sul. Os resultados indicam que a transformação digital na propriedade rural decorre do contexto. Manter relações com organizações participantes do ecossistema de inovação no agronegócio facilita o acesso às tecnologias digitais e à capacitação dos trabalhadores rurais para usá-las. As limitações decorrem das competências limitadas dos trabalhadores rurais para operar máquinas inteligentes de forma integrada com os sistemas de gestão da propriedade. Concluiu-se que a tecnologia digital impactou na estrutura da agricultura tradicional, modificando métodos, processos de produção rurais e decisões gerenciais, bem como melhorou o desempenho no processo produtivo. Ao mesmo tempo, a capacitação dos trabalhadores rurais e a infraestrutura de comunicações disponível no Brasil limitam o uso do potencial das máquinas inteligentes.

Palavras-chave: Administração rural. Propriedade rural. Agricultura de precisão. Inteligência artificial. Modelo de negócios.

Abstract

The objective was to reflect on possibilities and limitations of digital transformation in the management of a rural property in the northern region of Rio Grande do Sul. This is exploratory research developed by the single case study strategy, in the northern region of the state of Rio Grande do Sul. The results indicate that the digital transformation in rural properties stems from the context. Maintaining relationships with other organizations participating in the agribusiness innovation ecosystem facilitates access to digital technologies and the training of rural workers to use them. Limitations stem from the limited skills of rural workers to operate intelligent machines in an integrated manner with property management systems. It was concluded that digital technology had an impact on the structure of traditional agriculture, modifying methods, rural production processes and managerial decisions, as well as improving performance in the production process. At the same time, the training of rural workers and the communications infrastructure available in Brazil limit the use of the potential of intelligent machines.

Keywords: Rural management. Rural property. Precision agriculture. Artificial intelligence. Business model.

Citation: Grzybovski, D., Mozzato, A. R., & Farias, I. R. F. (2024). Digital transformation in a rural property in the northern region of Rio Grande do Sul: possibilities and limitations. *Gestão & Regionalidade*, v. 40, e20248639. <https://doi.org/10.13037/gr.vol40.e20248639>

1 Introdução

Diferentes organizações têm intensificado, na década de 2020, o uso de tecnologias digitais nos processos para gerar mais eficiência (Facin *et al.*, 2022) e reduzir o desperdício de forma sustentável (De Clercq, Vats, & Biel, 2018). A evolução tecnológica observada no período pós-1990 gerou inovações que se equivalem a uma verdadeira revolução em diferentes contextos (Sarfati, 2016) e, em especial, na agricultura (Basso *et al.*, 2019). A implementação das tecnologias digitais na agricultura evidencia evolução dos sistemas agrícolas e nas práticas de gestão do conhecimento (De Paolis *et al.*, 2022) nas propriedades rurais, seja pelo uso das tecnologias de informação e dos sistemas de informação (TIs/SIs) integrados às máquinas e implementos agrícolas, seja pelo sistema tecnológico que incorpora a inteligência artificial (IA), a computação em nuvens, o *big data* e outras nos processos produtivos (Pamplona & Silva, 2019; Romani *et al.*, 2020; Silva Neto, Bonacelli, & Pacheco, 2020; Rijswijk *et al.*, 2021; Bentivoglio *et al.*, 2022), os quais modificaram as técnicas de manejo tradicional para a agricultura de precisão (De Clercq, Vats, & Biel, 2018).

Nesse sentido, observa-se uma transformação digital em curso (Venkatraman, 2017; Lima *et al.*, 2020; Lioutas & Charatsari, 2020; Rijswijk *et al.*, 2021), a qual se iniciou na década de 1990 pelo **processo de digitalização**, conversão do analógico para o digital pelo avanço das tecnologias da informação e da comunicação (TICs) e da configuração de ativos (*software*, música, mídia e entretenimento) (Vial, 2019; Silva Neto, Bonacelli, & Pacheco, 2020). Contudo, na década de 2020 são observadas transformações significativas em setores estratégicos da economia, entre eles a agricultura, num **processo de digitalização** para gerar *insights* e melhorias nos processos por meio da IA, computação em nuvem e *big data* (Silva Neto, Bonacelli, & Pacheco, 2020; Romani *et al.*, 2020; Facin *et al.*, 2022). Assim, mudam-se processos, gera-se economia e os modelos de negócios são submetidos à revisão em direção à transformação digital (Romani *et al.*, 2020; Lima *et al.*, 2020).

A noção de transformação digital é colocada aqui como sendo uma forma alternativa à tradicional de executar os processos e as rotinas usando SI/TIs, como descrito por Venkatraman (1991; 1994), modificando o conceito de “ser eficiente” e “ser rápido” para “ser inteligente”. Desse modo, como afirmam Souza Filho *et al.* (2011), as TIs/SIs desempenham um papel importante na gestão de lavouras e ajudam os produtores rurais a tomarem decisões mais assertivas, alcançando índices de produtividade maiores, como os apontados por Bernardi *et al.* (2018). Contudo, se, por um lado, a adoção de tecnologias digitais para impulsionar a produção e o desenvolvimento da lavoura gera maior produtividade (Souza Filho *et al.*, 2011; Bernardi *et al.*, 2018), por outro lado, se observam impactos sociais, tais como: aumento das assimetrias sociais já existentes em razão da exclusão digital (Silva, Freitas, & Pedrozo, 2022), extinção de certas funções de trabalho e geração de outras (Rijswijk *et al.*, 2021). Portanto, não se pode negar entraves à adoção da tecnologia digital em todas as propriedades rurais, justamente em razão da carência de mão de obra especializada e dos custos elevados de máquinas e equipamentos com tecnologia digital. Soares Filho e Cunha (2015) constataram uso limitado de sensores na agricultura e de irrigação de precisão, enquanto Pamplona e Silva (2019) e Puntel *et al.* (2022) identificaram baixa compreensão da importância dos mapas de colheita por parte dos produtores, falta de capacitação dos operadores de máquinas e equipamentos com tecnologia digital e falta de qualificação dos gestores dos processos produtivos na agricultura para utilizar os dados digitalizados.

No Brasil, o Rio Grande do Sul (RS), em especial na região norte, é destaque na produção de máquinas e implementos agrícolas, sendo responsável por quase metade da produção nacional (Anfavea, 2022), posição conquistada por meio do aprimoramento da tecnologia usada na mecanização da lavoura e concentração de empresas industriais e de pesquisa, conferindo-lhe o título de polo regional no segmento metalmeccânico. Ainda, a região

se destaca pela concentração de empresas especializadas na fabricação de máquinas e implementos agrícolas, dotadas de tecnologia digital, e de instituições de ensino e pesquisa (universidades, Embrapa, polos tecnológicos, incubadoras) para a formação técnica e especialização de mão de obra no segmento, configurando uma aglomeração produtiva (Conceição & Feix, 2016). Orientada por uma política pública estadual de desenvolvimento regional por meio da consolidação dos ecossistemas regionais de inovação (Inova RS), a região norte do RS pretende ser, até 2030, referência latino-americana em inovação por meio da especialização inteligente em tecnologias associadas ao agronegócio (SICT, 2022).

O cenário descrito pressupõe que as propriedades rurais da região adotam a agricultura de precisão (AP), pela proximidade da indústria e das instituições de ensino e pesquisa, e a sinergia que tal configuração estrutural do espaço proporciona. Outra pressuposição é de que as propriedades rurais adotam tecnologias digitais para extrair o máximo de produtividade dos recursos da lavoura, produzir retorno aos investimentos tecnológicos, mas ainda não apresentam *digital mindset* (mentalidade digital), nem maturidade para a gestão do conhecimento orientada pela lógica do mundo digital que represente ruptura com modelos herdados e transformação digital. Estudo desenvolvido por Antonini *et al.* (2018) indica que os produtores rurais que utilizam a AP são aqueles de pequenas e médias áreas de terra, com vistas a extrair maior volume de produção numa área limitada. Isso sugere que a grande propriedade rural, mesmo tendo maior volume de recursos para investimentos em tecnologia digital, pode ter mais limitações para romper com modelos herdados e promover a transformação digital.

O problema descrito provocou o seguinte questionamento: quais são as possibilidades e as limitações à transformação digital na gestão de uma propriedade rural de médio porte, no contexto da região norte do RS? O **objetivo geral** da pesquisa foi refletir sobre as possibilidades e as limitações da transformação digital na gestão de uma propriedade rural na região norte do Rio Grande do Sul, investigando: **(a)** o volume de investimentos realizados em tecnologias digitais; **(b)** os motivos do produtor rural para fazê-lo; **(c)** a visão e as qualificações técnicas do trabalhador rural sobre o uso dessas tecnologias nas suas atividades laborais e a *digital mindset*; e **(d)** a forma de pensar as estratégias, os processos de trabalho e produtos a partir das tecnologias digitais.

A necessidade de mais estudos sobre transformação digital nas grandes propriedades rurais, sobretudo as que cada vez mais se utilizam das tecnologias digitais para gerar inteligência nos negócios, instigou e justifica a realização desta pesquisa. É importante ressaltar que o produtor rural, por vezes, encontra dificuldades em aplicar as TIs/SIs disponíveis no mercado (Basso *et al.*, 2019). Um primeiro passo para intensificar a transformação digital das propriedades rurais é conhecer as possibilidades e os limites da AP, o que não prescinde de investimentos em liderança comprometida com a lógica digital.

Os resultados desse estudo estão organizados em quatro sessões, além dessa introdução, na qual constam o problema de pesquisa, o objetivo e suas justificativas. Na sequência, são apresentados os contornos teóricos e epistemológicos do tema central, seguidos pela descrição do *design* da pesquisa, resultados, análises e conclusões.

2 Inovações tecnológicas digitais na administração rural

As inovações tecnológicas digitais contribuíram para muitas organizações alterarem a forma de fazer negócios, produzir e de se relacionar no ambiente de trabalho, bem como iniciar um processo de ruptura com a forma de atuação herdada dos modelos de negócios tradicionais (Facin *et al.*, 2022). O mesmo movimento de digitalização e de transformação digital se observa no campo, pela AP (Inamasu & Bernardi, 2014; De Clercq, Vats, & Biel, 2018; Lima *et al.*,

2020; Romani *et al.*, 2020), porém com limitações regionais (Lima *et al.*, 2020; Puntel *et al.*, 2022).

A AP é uma técnica de manejo da produção que considera a **variabilidade espacial**, permite a aplicação sítio-específica de insumos, e a **variabilidade temporal**, que permite utilização mais racional dos insumos, com potencial de benefícios econômicos e ambientais (Basso *et al.*, 2019). Também é um sistema de gestão da produção altamente dependente de dados e informações geradas no campo, georreferenciados, digitalizados e de alto fluxo, que fornece uma base estrutural e conceitual para conectar os sistemas de produção ao mundo digital (Basso *et al.*, 2019), em direção ao estabelecimento de um novo nível de tecnologia, a agricultura digital (AD) (Basso *et al.*, 2019). Ambas, AP e AD contribuem para a transformação digital na gestão das propriedades rurais.

Transformação digital consiste no uso das TI/SICs e da *digital mindset* para melhorar a *performance* organizacional e mudar a maneira de fazer negócios (Facin *et al.*, 2022; Fisher, 2022). A *digital mindset* é um conjunto de atitudes e comportamentos que habilitam pessoas e organizações a verem novas possibilidades e cenários a partir da leitura de dados, algoritmos e IA, ou seja, de tecnologias inteligentes e uso intensivo de dados (Neeley & Leonardi, 2022). Para tanto, Rogers (2017) propõe uma análise detalhada dos cinco domínios (componentes estratégicos) da transformação digital, identificados pelo acrônimo CCVID (clientes, competição, dados, inovação, valor), sinalizando para uma gestão pautada em novas estratégias de crescimento, mudança de velhos hábitos e modelos de negócios construídos a partir das novas maneiras de trabalhar.

Com base no exposto, depreende-se que a transformação digital na agricultura é um processo em curso, em que as tecnologias digitais podem criar inovações disruptivas não apenas na produção rural, mas também desencadear respostas estratégicas criando valor ao produto rural e alterar as bases da competição, desenvolvendo a *digital mindset* e criando um modelo de negócios sustentáveis. Na transformação digital, os processos são orientados pela lógica do mundo digital (Fisher, 2022), contribuindo para a estruturação de novos modelos de negócios, o gerenciamento de mudanças estruturais e superação das barreiras organizacionais que afetam os resultados (Vial, 2019), cujas práticas têm a automação e a agricultura de precisão como elementos-chave (Basso *et al.*, 2019).

As inovações tecnológicas digitais, descritas pelos avanços tecnológicos observados nas máquinas/equipamentos agrícolas com IA e no desenvolvimento e aprimoramento de material genético, passaram a fazer parte das atividades agropecuárias (Romani *et al.*, 2020). Trata-se de uma transformação digital no campo pela AP (Inamasu & Bernardi, 2014), a qual se configura num sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial e temporal da unidade produtiva caracterizado por um pacote tecnológico (Molin, 2002; 2003) e utilizado nas etapas de coleta de dados, gerenciamento da informação, aplicação de insumos à taxa variada, avaliação econômica e ambiental dos resultados (Inamasu & Bernardi, 2014; Bernardi *et al.*, 2018; Basso *et al.*, 2019).

A utilidade prática da AP foi descrita por Molin (2002) ao definir as unidades de manejo a partir de mapas de produtividade, isto é, uma imagem formada por um conjunto de pontos, os quais representam:

uma pequena porção da lavoura delimitada pela largura da plataforma da colhedora e pela distância entre duas leituras. [...] Os dados são coletados por sensores instalados em locais apropriados da colhedora. [...]. Esses dados são transformados em informação tipo *raster* em programas SIG (Sistema de Informação Geográfica) após a utilização de algum interpolador e podem então ser utilizados para análise em uma base única e com células georreferenciadas (MOLIN, 2002, p. 3).

O impacto da digitalização na agricultura, por sua vez, foi expresso por Lioutas e Charatsari (2020) ao destacarem melhorias na gestão agrícola por meio de tecnologias

inteligentes que economizam tempo e recursos, aumentam a qualidade dos alimentos e reduzem o impacto ambiental. De igual forma, Lima *et al.* (2020) afirmam que a tecnologia “internet das coisas” (*Internet of Things* – IoT), combinada com outras, potencializa as chances de agregar valor à produção agrícola. Como referem Pamplona e Silva (2019), o uso de tecnologias digitais no campo promove um meio mais prático para o trabalho, facilitando a execução de tarefas na rotina diária e, ainda, possibilita melhor planejamento das atividades produtivas e uso dos recursos de produção com a obtenção de dados que a IA proporciona. Um dos exemplos de tecnologias de produção no campo associadas a *softwares* é a pré-medição de temperatura, velocidade dos ventos e outros fenômenos climáticos determinantes no processo de decisão de plantio, manutenção da lavoura ou da colheita (Pamplona & Silva, 2019).

As inovações tecnológicas digitais nas propriedades rurais cada vez mais utilizam IA e têm como propósito ajudar o produtor rural a vencer os desafios enfrentados no processo produtivo (Queiroz *et al.*, 2020) em razão das variações climáticas, demandas do mercado e outros fatores contingenciais, agregando valor à agricultura (Romani *et al.*, 2020). Contudo, nem todas as propriedades rurais têm capacidade de gerenciar inovações internamente, como apontam Bentivoglio *et al.* (2022). A inovação é resultado de um processo interativo complexo (Schumpeter, 1964) entre indivíduos, organizações e instituições (Bentivoglio *et al.*, 2022) no qual comunicação, aprendizagem e interação social desempenham papéis importantes (Costa & Reis Neto, 2022), tanto para gerar oportunidades (Queiroz *et al.*, 2020) quanto exclusões sociais e pobreza (Campanhola, 2005; Wanderley, 2017).

Há variações na adoção das tecnologias digitais em termos regionais (Puntel *et al.*, 2022) e em termos de porte das propriedades rurais. Antonini *et al.* (2018) constataram que as inovações tecnológicas digitais presentes na AP têm sido adotadas por produtores rurais de pequenas e médias áreas de terra (menos de 50 hectares, conforme Lei Federal nº 11.428/2006), em busca de maior produtividade numa área limitada de plantio (Bernardi *et al.*, 2018), evidenciando que os recursos tecnológicos da AP não se limitam apenas à aplicação em grandes propriedades rurais, mas serão necessárias ações de aperfeiçoamento da transferência de tecnologia (Campanhola, 2005) com vistas à transformação digital de todas as propriedades rurais, independente do porte.

As tecnologias digitais estão contribuindo para instrumentalizar produtores rurais à transformação digital no campo, pela possibilidade de, a partir de dados digitalizados, gerar inteligência e melhoria nos processos por meio da IA, provocando mudanças de pensamento sobre o modelo de negócios herdado (Romani *et al.*, 2020; Lima *et al.*, 2020; Facin *et al.*, 2022). A transformação digital inclui as principais tecnologias digitais, a saber: sistemas de orientação por *global positioning system* (GPS), ferramentas de mapeamento, sensoriamento remoto e aplicativos móveis (Puntel *et al.*, 2022). Essas são usadas para monitoramento de colheitas orientadas por IA, predição da produtividade, avaliação das imagens de satélite em busca de possíveis problemas, tanto nas atividades de produção quanto de suprimentos, armazenagem e logística (Bernardi *et al.*, 2018; Silva Neto, Bonacelli, & Pacheco, 2020; Queiroz *et al.*, 2020; Lima *et al.*, 2020), mas podem ser especialmente úteis para alterar a experiência dos consumidores, agregar valor à agricultura brasileira, contribuir na construção da *digital mindset* e na geração de *insights* que habilitam os tomadores de decisão à gestão da inovação digital (Rogers, 2017; Romani *et al.*, 2020; Facin *et al.*, 2022) nas propriedades rurais.

No Quadro 1 estão relacionadas algumas tecnologias digitais utilizadas em propriedades rurais, bem como possibilidades e limitações com sua implementação.

A maioria das inovações tecnológicas digitais em uso nas propriedades rurais foram desenvolvidas usando a IA, a ciência dos dados e a automação das máquinas e equipamentos agrícolas tradicionais e a inclusão de novas. As imagens obtidas via UAVs, com altíssima

resolução, estão superando o tradicional sensoriamento via satélite e auxiliando o produtor rural na tomada de decisões mais eficientes (Amaral *et al.*, 2020), em razão de aprimorarem a automação de processos agrícolas, com aplicações específicas em levantamento topográfico, avaliações fisiológicas e biofísicas, monitoramento de alvos biológicos, pulverização de produtos fitossanitários e aplicação de bioinsumos.

Quadro 1 – Inovações tecnológicas digitais mais utilizadas na agricultura de precisão.

Tecnologia Digital	Possibilidades	Limitações	Referências
<i>Global positioning system</i> (GPS)	<p>Mapear limites da terra, estradas, sistemas de irrigação e áreas de plantação com problemas (ervas daninhas, pragas). Manejo localizado da lavoura. Monitoramento de localização das máquinas. Plantar/colher em condições de baixa visibilidade. Gerenciamento da produção considerando a variabilidade espacial da produtividade e dos fatores de produção. Geração de mapa de produtividade. Os processos produtivos são simplificados e o produtor tem mais assertividade na tomada de decisões.</p>	<p>Limitações de acurácia. Alguns modelos podem ficar sem cobertura de sinal (“áreas de sombra”). Mapas de produtividade necessitam de ajustes após a geração dos dados em campo.</p>	<p>Molin (2002) Stabile e Balastreire (2006) Garcia <i>et al.</i> (2016) Basso <i>et al.</i> (2019)</p>
Robótica	<p>Tecnologia digital utilizada para automatizar máquinas e implementos agrícolas, dispensando o uso de um condutor humano. Técnica para intensificar a produção usando máquinas inteligentes (robôs), as quais trabalham continuamente e de forma consistente com o mínimo de manutenção. Erros de decisão são menos frequentes se a máquina for bem “treinada”. Robôs controlam o processo de plantio, adubação, sanidade, corte da raiz, embalagem e pesagem, tendo como resultado produtos sem doenças ou danos causados por insetos.</p>	<p>O consumo de energia é um fator que interfere no seu raio de ação. Para melhor aproveitamento da informação digital, a robótica requer uma plataforma modular e multifuncional para aquisição de dados em AP. A maioria dos robôs são desenvolvidos para uma única aplicação, e a necessidade é tipicamente disponível em somente uma estação. A automação não é uma solução imediatista, o que gera resistência por parte dos produtores rurais para mudar as práticas de manejo da lavoura. Depende de melhor comunicação entre as plataformas digitais e internet estável para a programação das máquinas e operação nos sistemas de produção. No campo social, a robótica é uma tecnologia digital que pode desempregar.</p>	<p>De Sousa, Lopes e Inamasu (2014) Hackenhaar, Hackenhaar e Abreu (2015) Costa <i>et al.</i> (2020)</p>
Internet das coisas (IoT)	<p>Usada principalmente para a interconexão de dados entre máquinas/ferramentas, aumentando o grau de assertividade no processo de tomada de decisões. Tecnologia cada vez mais acessível e de baixo custo, a qual está sendo associada à localização móvel e</p>	<p>Ainda é limitada a compreensão das potencialidades da IoT em agregar um conjunto infinito de dispositivos, diferentes conjuntos de dispositivos de conectividade ou elementos de rede com diferentes protocolos e diferentes conjuntos de aplicativos. No</p>	<p>Basso <i>et al.</i> (2019) Lima <i>et al.</i> (2020) Costa <i>et al.</i> (2020)</p>

	acompanhamento/monitoramento de objetos em tempo real, possibilitando a emergência das <i>smart farms</i> (fazendas inteligentes). Potencialidade de auxiliar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.	Brasil, sua expansão depende de uma infraestrutura rural de telecomunicações ainda limitada.	
Unmanned Aerial Vehicle (UAV)/drone	Úteis para mapear a área de plantio e fazer o monitoramento da propriedade agrícola. Com o mapeamento e o monitoramento, o produtor rural consegue visualizar áreas que sofrem com pragas ou que são insuficientemente exploradas, instrumentalizando a tomada de decisão gerencial com maior eficiência e na viabilização da automação de processos agrícolas. Aplicações de produtos fitossanitários e de bioinsumos podem ser otimizados.	A tecnologia ainda depende de uma decisão humana. Apesar das pesquisas estarem evoluindo para uma tomada de decisão autônoma (ou com a mínima dependência de um especialista), a tecnologia ainda depende de uma decisão humana. Técnicas de visão computacional estão sendo propostas para substituir a avaliação visual de humanos. Há poucos pilotos qualificados para operar drones no Brasil.	Amaral <i>et al.</i> (2020)
Sensores	Dispositivos eletrotécnicos que respondem a um estímulo físico/químico de maneira específica, e que podem ser transformados em uma grandeza física ou um sinal, para fins de medição e/ou monitoramento por um instrumento. Na lavoura, fornecem informações técnicas sobre o solo, (pH, níveis de nutrientes, umidade, temperatura, outras). Tecnologia incorporada em diferentes máquinas e equipamentos, dentre os quais os UAVs. Auxiliam a medir as variáveis na produção rural em tempo real, contribuindo para qualificar o processo de manejo de acordo com as exigências e condições lidas.	Os dados gerados por sensores precisam ser integrados a um sistema de gestão agrícola automatizado que seja robusto e confiável. Necessidade de aprimoramento das técnicas de sensoriamento remoto para aplicações à taxa variável	Soares Filho e Cunha (2015) Bossoi <i>et al.</i> (2019) Queiroz <i>et al.</i> (2020)

Fonte: Os Autores (2022)

Na prática, tais tecnologias digitais produzem resultados econômicos e financeiros favoráveis à geração de riquezas no campo, mas também produzem impactos ambientais e sociais que por vezes parecem ser antagônicos, a exemplo do desemprego pelo analfabetismo digital ou pela extinção de determinadas funções na agricultura (Hackenhaar, Hackenhaar, & Abreu, 2015; Silva, Freitas, & Pedrozo, 2022).

A robótica, por exemplo, por um lado contribui para atingir maiores taxas de precisão nos processos de semear, capinar e colher (De Sousa, Lopes, & Inamasu, 2014), por outro lado, reduz o número de trabalhadores rurais (RIJSWIJK *et al.*, 2021), exclui produtores e trabalhadores rurais com baixo grau de instrução para operar máquinas inteligentes (exclusão digital, Silva, Freitas, & Pedrozo, 2022), e contribui para surgir um novo tipo de agricultor, assim descrito por Hackenhaar, Hackenhaar e Abreu (2015, p. 127-128):

um homem de negócios com formação acadêmica, especializado na produção em massa de poucos produtos agrícolas ou de apenas um. Ele investe muitos recursos em terras, instalações e maquinário. Mas está longe de ser independente. Grandes empresas de processamento de alimentos e redes de supermercado ditam o preço, a variedade, o tamanho e a cor dos produtos. Engenheiros agrônomos projetam para ele sistemas de produção, e empresas especializadas lhe fornecem os tipos certos de fertilizante, pesticida e semente híbrida, necessários para as condições de sua fazenda. O agricultor moderno progrediu bastante em comparação com seus antepassados, mas ainda enfrenta muitos desafios e a preocupação com os possíveis efeitos nocivos de certas técnicas de cultivo mais intensas.

Campanhola (2005) e Wanderley (2017) reconhecem que há um “novo tipo de agricultor”, mas ele está longe de ser independente. Se, por um lado, as tecnologias digitais facilitam o trabalho rural, contribuem para a qualidade do solo e qualificam as decisões gerenciais, por outro lado, geram dependência tecnológica e contribuem para a exclusão digital.

Apoiando-se em Souza Filho *et al.* (2011) e Vial (2019), é possível afirmar que as tecnologias digitais implementadas em propriedades rurais têm um papel determinante no desempenho econômico-financeiro, na geração de dados para compor o mapa de produtividade e na sustentabilidade ambiental. Contudo, é preciso considerar que o desenvolvimento de tecnologias digitais promoveu uma revolução na sociedade, excluiu determinados perfis de trabalhadores rurais, mas também gerou possibilidades de transformar modelos básicos de gestão em “modelos inteligentes” (Bassoi *et al.*, 2019). Ainda, introduziu o conceito de IA em diferentes áreas decorrentes do aprendizado de máquina (*machine learning*), como advogam Sarfati (2016), Silva Neto, Bonacelli e Pacheco (2020), entre outros.

A IA é um conjunto de algoritmos e realizações predefinidas pelo ser humano, que contribuiu para a transição do uso da digitalização (uso das tecnologias para informatizar processos) à digitalização (execução de tarefas mais complexas por meio do uso de dados digitalizados) (Kelly III, 2015; Silva Neto, Bonacelli, & Pacheco, 2020). Pelo seu fundamento, a IA permite que decisões sejam mais assertivas, rápidas e inteligentes, deixando para o humano usar sua capacidade racional para solucionar problemas (Sarfati, 2016), a exemplo do GPS. Na AP, a informação geográfica é subsídio para o conhecimento e a gestão do espaço (Molin, 2003), e o GPS disponibiliza sinal para o georreferenciamento (Molin, 2002), possibilitando abordagem localizada dos problemas na propriedade rural (Stabile & Balastreire, 2006), além de contribuir para a realização de trabalhos rurais mesmo em condições de baixa visibilidade (Garcia *et al.*, 2016).

Segundo Pereira (2003), com o uso do computador se tornou mais fácil a implementação da IA, porque diminuiu o tempo de processamento de dados que, por outrora, poderia ser feito com lápis e cérebro, mas que subaproveitaria os recursos organizacionais, gerando ineficiência.

Nesse sentido, diferentes *softwares* passaram a otimizar o tempo do trabalhador e liberar sua capacidade intelectual para o processo criativo (Kolbjørnsrud, Amico, & Thomas, 2016) e para explorar a capacidade absorptiva (De Paolis *et al.*, 2022), produzindo impactos positivos e negativos na gestão dos processos, como pontuam Rijswijk *et al.* (2021).

Com a adoção da IA, além de otimizar o tempo, a taxa de assertividade é superior à realizada exclusivamente pelo processo cognitivo do trabalhador e, conseqüentemente, os erros são diminuídos. Entretanto, antes de adotar a IA é necessário identificar os problemas que se quer resolver. Segundo Sierra (2007), com os avanços em tecnologias, deve-se estabelecer uma estratégia competitiva que se torne vital para o direcionamento da propriedade rural, podendo alavancar as vendas do produto rural e o desempenho organizacional.

De acordo com Oleksiewicz e Civelek (2019), as máquinas tendem a se assemelhar cada vez mais com os humanos, configurando o trabalho rural como um processo interativo entre atores humanos e não humanos, numa interface homem-máquina cada vez mais aprimorada (Fernandes *et al.*, 2021). Por sua vez, os *eticistas* e os advogados são incitados a lidar com as questões que envolvem as relações entre humanos e não humanos. Com a expansão da Internet a partir do ano 2000 e o surgimento de inúmeras soluções e serviços, foi necessário adotar novas tecnologias para resolver os problemas complexos, dinâmicos e com certa dose de incerteza e ambigüidade, conseguindo ao mesmo tempo tratar essa massa exponencial de dados que surgiram conforme o avanço das tecnologias (Oleksiewicz & Civelek, 2019).

Segundo Kolbjørnsrud, Amico e Thomas (2016), o aumento do uso da IA contribui para o seu barateamento, eficiência e potencialmente mais imparcial em suas ações do que os seres humanos. Afirmam os autores que tal cenário não deve ser motivo de preocupação para os trabalhadores, pois o trabalho rural tende a mudar para se concentrar nas coisas que só os humanos podem fazer. Pode-se afirmar que assim surge a computação cognitiva (Kelly III, 2015), a qual aparece para abordar esse novo desafio e, por trás dela, uma gama de tecnologias, inclusive a IA. Porém, a cognição mencionada por Kelly III (2015) remete pensar a cooperação entre humano e máquina, sendo que a parte da decifração de dados e os problemas complexos ficam a cargo das máquinas (robôs), e a parte de análise dos processos e as decisões gerenciais continuam ser dos humanos, mediadas pelas máquinas inteligentes.

Entretanto, inúmeros trabalhadores resistem às novas tecnologias pelo receio de perder seus cargos, pois novos cargos e tipos de trabalhos surgem em razão da evolução e implementação de sistemas computacionais interativos para o uso humano por meio da disciplina interface homem-máquina (IHM), como afirmam Fernandes *et al.* (2021). Nessa lógica, Castilho e Campos (2007) afirmam que o processo da tecnologização e de utilização da IA afetam o comportamento humano no trabalho, mas a preocupação e o cuidado com o humano minimizam resistências e contribui para a convivência pacífica entre atores humanos e não humanos no ambiente de trabalho.

3 Metodologia

A pesquisa, concebida pela perspectiva interpretativista como uma possibilidade de romper com a visão dominante do funcionalismo (Prolo, Lima, & Silva, 2018) nos estudos sobre transformação digital, foi desenvolvida no nível exploratório usando a estratégia estudo de caso único (Yin, 2001; 2016), com abordagem qualitativa dos dados. Para tanto, as orientações de Yin (2016) e de Minayo (2016), sobre concepções teóricas da abordagem articulando-se com a teoria, realidade empírica e pensamentos sobre a realidade foram seguidas.

O universo da pesquisa foi definido como região norte do RS, a qual se destaca no cenário nacional na produção de máquinas e equipamentos agrícolas (Montoro *et al.*, 2014; Anfavea, 2022), na produção de grãos e de TI/SI para a agricultura, conformando uma aglomeração produtiva pré-colheita (Conceição & Feix, 2016) e um ecossistema de inovação

orientado por uma política pública estadual para o desenvolvimento regional (Inova RS) (SICT, 2022).

A pesquisa foi realizada numa propriedade rural de médio porte (“Propriedade Gama”, nome fictício), a qual utiliza TIs/SIs no processo produtivo da lavoura de grãos. Esse caso foi selecionado considerando os seguintes critérios: porte (médio e lavoura intensiva de grãos), uso de tecnologia digital, volume de recursos investidos em TI/SI, trabalhadores rurais capacitados para utilização das informações digitais, facilidade de acesso aos dados, disponibilidade do produtor rural em fornecer as informações necessárias para a pesquisa.

A escolha do caso também se justifica pelas relações interorganizacionais mantidas com outras organizações que fazem parte do ecossistema de inovação no agronegócio e na agroenergia na região, bem como pela complementaridade de ativos digitais produzidos por outra empresa que mantém com seus três filhos, uma empresa familiar, a qual é fabricante de tecnologias aplicadas em produtos para o plantio e a fertilização do solo que representem inovações em plantabilidade e geração de produtos rurais sustentáveis de alta tecnologia.

Os sujeitos participantes da pesquisa (5) foram: o produtor rural (proprietário); duas de suas filhas (Filha A; Filha B) que, em conjunto com o pai, atuam na gestão da propriedade e nas empresas da família; dois trabalhadores rurais (Trabalhador A; Trabalhador B), responsáveis pelo processo produtivo e gestão dos dados digitalizados da lavoura.

A coleta dos dados da lavoura de grãos e dos investimentos realizados em tecnologias digitais foi realizada no ano 2021 e compreendeu a produção e a produtividade do período 2017-2020. Os dados relativos à *digital mindset*, cultura organizacional e modelo de negócios foram coletados no ano 2023. A estratégia adotada para coleta e análise dos dados foi a triangulação das fontes de evidências (entrevistas, documentos, observações), como propõe Yin (2001).

No processo de coleta de dados foram utilizados os seguintes instrumentos: **(a)** pesquisa documental: mapa da área de plantação, relatórios do que é cultivado na propriedade para apurar os dados de produtividade, lucratividade e qualidade da lavoura no período 2017-2020; **(b)** entrevista individual orientada por três roteiros, sendo um para o produtor rural, outro para os trabalhadores rurais e outro para as filhas herdeiras; **(c)** observação não participante, para apreender as práticas de digitalização e o modelo de negócios. Nestes momentos, foram realizadas notas de campo relacionadas às tecnologias utilizadas e a forma de sua utilização pelos trabalhadores; verificou-se tanto a relação do trabalhador com a tecnologia, quanto a qualidade no processo de produção com a sua utilização, e o processo de decisão gerencial.

As entrevistas foram transcritas e seu conteúdo submetido à análise de conteúdo, como recomenda Bardin (2009). Os demais dados foram organizados e submetidos à triangulação de fontes (YIN, 2001) em torno de três categorias temáticas definidas a priori, a saber: (a) investimentos realizados em tecnologias digitais; (b) *digital mindset*; (c) modelo de negócios.

4 Resultados e Discussões

4.1 Apresentação do Caso

A propriedade rural em estudo pertence a um produtor rural do município de Passo Fundo e possui 140 hectares (ha) de terra, sendo 105ha de área de cultivo. Ele trabalha com rotatividade de culturas, sendo elas: soja, milho, trigo e aveia. O começo da lavoura se dá a partir da década de 1970, em uma área de 22,5ha que pertencia ao pai do atual proprietário. Mais terras foram compradas nos anos seguintes e, hoje, a propriedade possui 140ha.

Naquela época, iniciou-se, primeiramente, o cultivo do trigo, sendo a primeira propriedade da região a trabalhar com processos de mecanização (tratores e implementos), diminuindo, assim, o serviço manual e utilizando a tecnologia desde o princípio da empresa. A

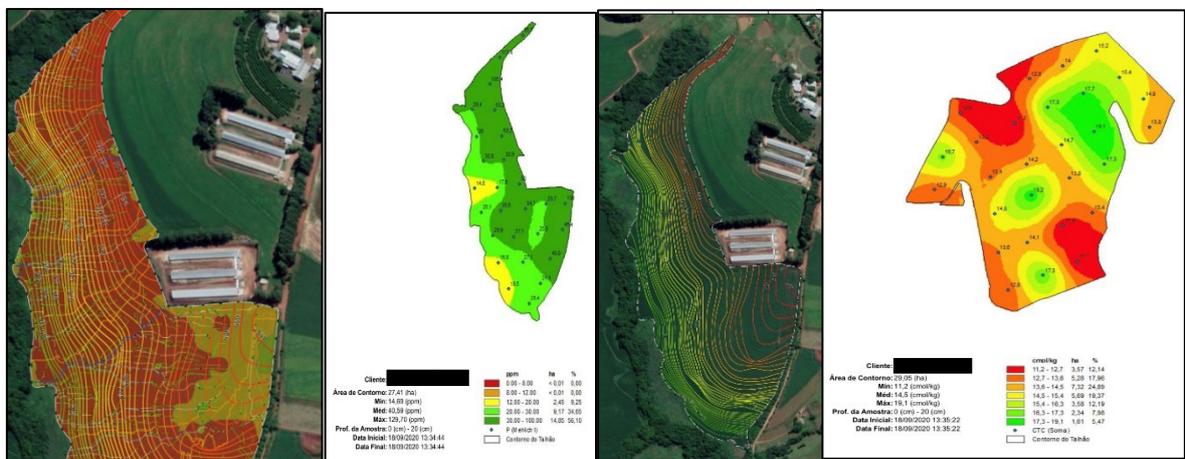
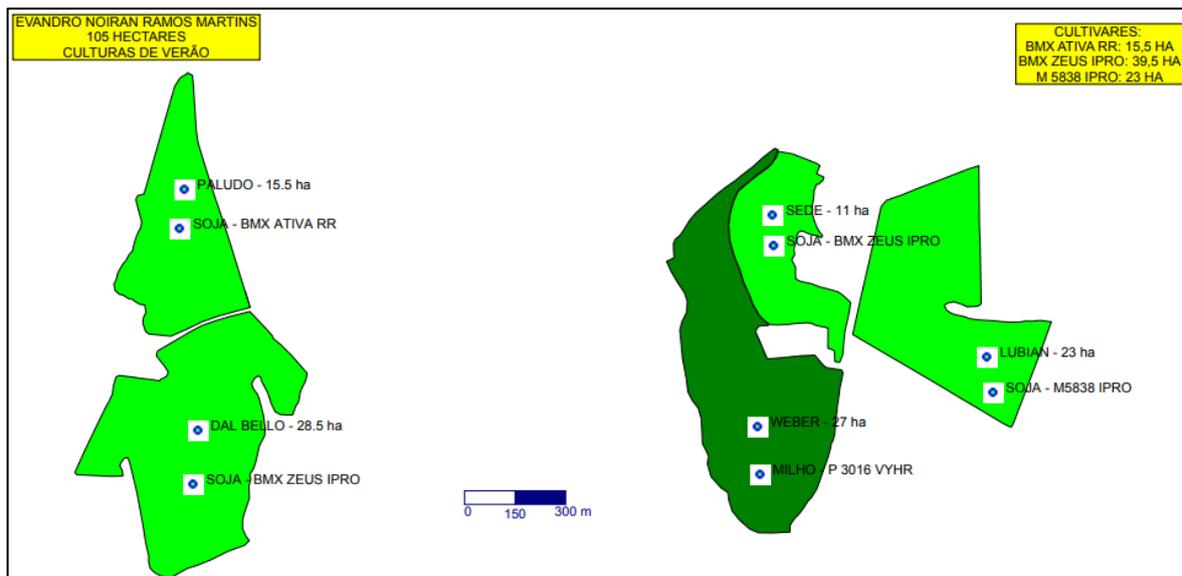
propriedade rural nasceu com um grande interesse no conhecimento e na inovação, propósito que é sustentado na atualidade pelo proprietário e seus filhos.

Na década de 1980, foi introduzido o sistema de cultivo mínimo; esse tipo de cultivo busca a redução do uso de máquinas no preparo do solo e revolvimento. O revolvimento é uma técnica que consiste em revolver a terra, preparando-a para a semeadura. Além do sistema de cultivo mínimo, foi introduzido o sistema de plantio direto na palha (Bertollo & Levien, 2019), o qual contribui para minimizar a perda do solo na lavoura por meio do revolvimento mínimo do solo e sobreposição do solo com uma camada vegetal (Salomão *et al.*, 2020).

Na década de 1990, iniciou-se a reestruturação completa da propriedade, tornando-se uma empresa rural. Em 1995, a atuação da empresa foi dividida, com a inauguração do escritório de consultoria e assessoria em projetos e desenvolvimento de implementos agrícolas, em especial com semeadoras para o sistema de plantio direto. Tal escritório passou a prestar serviços na área de engenharia de produto às fabricantes de implementos agrícolas, por meio de manuais de operação, catálogos de peças, codificação industrial, projetos, desenvolvimento, protótipos, ensaios de campo e, também, atuando com consultoria organizacional nas áreas técnica, administrativa e planejamento industrial. Cabe destacar que a propriedade rural pesquisada passou a servir como um “laboratório experimental” para as inovações digitais desenvolvidas pelas empresas fabricantes de tecnologias digitais para a lavoura.

A divisão agrícola da referida propriedade rural, a partir do ano de 2000, foi adaptada para a execução de protótipos de implementos agrícolas, com ensaios de campo e de bancada e o desenvolvimento de produtos e componentes. As tecnologias digitais passaram a ser utilizadas para definir as áreas geo-posicionadas com vistas a realizar o plantio da lavoura, como mostra a Figura 1. Essa tecnologia possibilitou realizar o giro de culturas e manter a qualidade do solo, contribuindo para que a propriedade rural passasse a ser reconhecida pela sua eficácia por diferentes organizações, por meio dos prêmios: Talentos Empreendedores, Top Talento Vip, “Agricultor Conservacionista do Solo e Produtor de Água”. O produtor rural considera o prêmio de “agricultor conservacionista”, por meio do programa Conservar para Produzir Melhor, como sendo o principal reconhecimento do Governo do Estado do RS pelo seu trabalho.

Figura 1 – Área de cultivo de culturas de verão (soja e milho)



Fonte: Documentos da propriedade (2020).

O produtor rural entrevistado afirmou que a qualidade do plantio na propriedade vem melhorando continuamente, e que a razão para isso é possuir informações técnicas sobre o solo e adotar procedimentos conservacionistas, práticas sustentáveis que interferem diretamente na formação de matéria orgânica, infiltração das águas nos plantios realizados em contorno e sistemas de terraceamento com mapeamento hidrológico das áreas. Destaca também que o PH, os níveis de nutrientes, a umidade e temperatura são gerados pelos sistemas e sensores acoplados às máquinas agrícolas. O entrevistado afirma que, “para uma lavoura potencializar seu lucro é importante cuidar do solo. Nosso principal foco é manter a sua integridade”. Mesmo com a escassez de chuva, as safras da lavoura de grãos não foram perdidas, obtendo resultados muito acima da média na região e com custos menores, fato justificado pelo uso de técnicas conservacionistas no manejo do solo com o uso de tecnologias digitais, tais como: GPS nas máquinas, sistemas autônomos de dosagem de sementes e fertilizantes acionados por servo motores agrícolas, *engine control unit* (ECU) e telas de controle, sensores para detectar e acionar os mecanismos, interface com mapas de fertilidade e de rendimento, semeadura com cortes linha a linha, compensações em curvas de semeadura, uso de drones, entre outros.

Nesse momento, com um olhar voltado para a produtividade e outro para a sustentabilidade, a Propriedade Gama inicia um processo de construção da *digital mindset* em todas as atividades. Todos os dados da lavoura passaram a ser integrados a um sistema de gestão, possibilitando a geração de dados, informações e de inteligência nos negócios, mesmo

reconhecendo uma limitação por não possuírem contabilidade gerencial. A Filha B, formada em Administração e cursando Agronomia, que está sendo preparada para ser a sucessora do pai na gestão da propriedade rural, descreveu da seguinte forma as práticas de gestão dos conhecimentos gerados pelos dados digitalizados:

Tudo é digitalizado e interligado. Falta profissionalizar a gestão, ter mais controles, sobretudo de processos. Em tempo real, tanto os trabalhadores quanto o proprietário e suas filhas analisam os dados e tomam decisões a partir deles, ficando visível a menor utilização de fertilizantes e o aumento da produção. O que ainda não é feito é a contabilidade gerencial.

Os entrevistados evidenciam que a transformação digital contribui para a qualidade do solo em razão das práticas sustentáveis, enquanto a integração das atividades da avicultura à lavoura, pelo poder dos dejetos das galinhas em fertilizar o solo, reduzem custos com fertilizantes químicos. A produção de ovos férteis, outra atividade produtiva desenvolvida na propriedade, gera uma receita mensal, a qual se soma à receita obtida com a venda de grãos, e reduz os custos com fertilização do solo.

A propriedade rural em estudo é um dos empreendimentos do proprietário, que é empresário em várias áreas e atividades no contexto do agronegócio. Grande parte do lucro dos negócios que mantém são aplicados na lavoura de grãos. Assim, ele consegue fazer investimentos em novas tecnologias e melhorar a gestão da propriedade rural.

Em 2023, os negócios foram integrados em um grupo com três empresas. Na propriedade rural trabalham três gerações, sendo que a Filha B assume, neste ano, a sua gestão junto com o seu pai. O pai do empresário continua trabalhando na propriedade, mas não tem poder decisório. A filha assume tendo como principal propósito a profissionalização da propriedade rural, demonstrando empenho na qualificação dos processos gerenciais. Ficou evidenciado que a família trabalha com os mesmos propósitos e valores, demonstrando alinhamento estratégico e harmonia entre os membros das duas gerações (pai e filhas). Entretanto, não negam que muitas vezes as relações (família e empresa) se misturam, o que percebem como entrave em decisões gerenciais, por um lado, e como impulsionador, por outro lado, para profissionalizar a gestão familiar em todas as empresas pertencentes à família.

4.2 Apresentação e discussão dos resultados

4.2.1 Investimentos realizados em tecnologias digitais

Foram analisados os períodos de plantação e colheita, em que se observou as tecnologias sendo usadas para facilitar o trabalho e agilizar os processos na propriedade rural. Conforme mostra a Tabela 1, no período 2015-2020, sistematicamente foram realizados investimentos na aquisição de máquinas e equipamentos agrícolas com tecnologias digitais, as quais contribuíram para proteger o solo, atuar no controle integrado de erosão e das plantas invasoras, melhorar a infiltração da água da chuva, retendo a umidade e preservando os nutrientes do solo. De igual forma, foram adquiridos sensores que alimentam os sistemas de monitoramento de fertilizantes sólidos e sementes finas com dados digitalizados, para ter precisão no monitoramento do fluxo de insumos.

Tabela 1 – Investimentos realizados na aquisição de máquinas e equipamentos agrícolas, no período 2015-2020.

Descrição do bem	Ano de aquisição	Quantidade adquirida	Valor original de aquisição (R\$)
Colheitadeira automotriz modelo MF Massey Ferguson 32gkc	2015	1	290.000,00
Plataforma de corte 6,10m flexível - Caracol	2015	1	60.000,00

Trator modelo 7370, marca Massey Ferguson	2015	1	150.000,00
Rolo faca modelo 6000	2015	1	60.000,00
Carreta graneleira modelo 8015 marca Fankhauser	2016	1	33.100,00
Pulverizador autopropelido, marca Montana	2016	1	350.000,00
Trator modelo LS 62cv	2019	1	123.500,00
Semeadora Select 2219/21 Serie un028, marca Kuhn	2019	1	70.000,00
Monitor modelo AT 200	2020	1	2.318,37
Sensor Fert Sensor	2020	21	9.466,59
Distribuidor de sementes e fertilizantes	2020	1	17.500,00
Total		31	1.165.884,96

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Os investimentos realizados em tecnologias digitais contribuíram para qualificar os processos de preparação do solo, plantio e colheita, especialmente para digitalizar dados e gerar inteligência no negócio rural. A colheitadeira automotriz modelo MF 32gkc, por exemplo, opera mediada pela tecnologia da robótica, entregando ao produtor rural mapas de rendimento, os quais contribuem para decisões gerenciais tomadas com base nos sistemas inteligentes em tempo real (Costa *et al.*, 2020; Hackenhaar, Hackenhaar, & Abreu, 2020). O GPS incorporado à colheitadeira contribuiu para aprimorar a abordagem sistêmica da decisão, mostrando imagens da situação específica da plantação, as quais não seriam visíveis ao olhar humano, como afirma Molin (2002; 2003).

Os tratores, por sua vez, são equipados com piloto automático e sistemas de controles eletroeletrônicos com sensoriamento, comercializados pela empresa do proprietário, para auxiliar no plantio em contorno, mostrando para o produtor quando e onde as áreas estão ou não niveladas. Esses sensores e sistemas digitalizados são importantes para total monitoramento da lavoura e para que as tomadas de decisão sejam mais assertivas. Portanto, as evidências apontam para a utilização de máquinas autônomas em razão do uso da IA.

Em conjunto, as tecnologias digitais incorporadas às máquinas agrícolas contribuem para a gestão da propriedade rural (De Sousa, Lopes, & Inamasu, 2014), facilitando a avaliação da capacidade produtividade da máquina e apoiando a decisão sobre a necessidade ou não de pulverizar a lavoura.

4.2.2 *Digital Mindset*

Entre os anos 2015 e 2020, máquinas com tecnologia mecânica deram lugar às máquinas com tecnologia eletroeletrônicas e digitais. Foram adquiridas máquinas para realizar o plantio, a colheita, a semeadura e a pulverização, e os dados digitalizados nesses processos passaram a ser usados para controlar a produção e a produtividade, bem como para gerenciar os estoques e o transporte dos grãos.

Nessa lógica da utilização de tecnologias, de acordo com os entrevistados, a partir do ano de 2015 ocorreu um avanço significativo em favor da AP na propriedade rural em análise. As decisões estratégicas foram tomadas considerando os benefícios gerados pelos dados digitalizados, decorrentes do aumento de tecnologias digitais implementadas no processo produtivo, visando melhorar o plantio das lavouras. Segundo o produtor rural:

Com a implementação das tecnologias digitais temos ganhos visíveis. Cada vez que implementamos uma nova tecnologia, percebemos a melhoria do plantio e fica

perceptível o aumento da produtividade e a gradativa redução dos custos. Todos ganham, eu como produtor, os trabalhadores que estão envolvidos e o próprio solo, que é conservado e se torna mais sustentável.

Os entrevistados, ao serem questionados sobre os efeitos produzidos pelo uso de máquinas e equipamentos agrícolas com IA, relataram ter observado maior capacidade de autonomia no plantio, melhor qualidade no processo produtivo e maior assertividade nas decisões com a digitalização dos sistemas. Ainda, descreveram que a tecnologia implementada na propriedade contribuiu para melhorar o controle sobre as áreas de plantio, respeitando e melhorando as condições químicas, físicas e biológicas do solo no que se refere à aplicação dos insumos, por exemplo, qualificando tanto a plantação quanto a colheita e reduzindo os custos operacionais. O produtor rural reafirma sua tese:

O avanço foi fantástico, a utilização de métricas de campo trouxe maior precisão, contribuindo com a sustentabilidade do solo. Como resultado da automação, posso afirmar que houve uma redução de 14% a 20% na aplicação de fertilizantes e um aumento de produtividade de 18 a 25% no decorrer dos anos compatíveis, após a adoção das tecnologias, tornando altamente viável os investimentos em conjunto com as práticas conservacionistas do solo, com infiltração das águas das chuvas.

Paralelamente à implementação das tecnologias digitais no processo produtivo, a capacidade técnica dos trabalhadores rurais também foi aprimorada, possibilitando operarem máquinas, equipamentos e sistemas com IA. Tal prática é importante para que a equipe de trabalho incorpore a digitalização nas suas atividades rotineiras, ao mesmo tempo em que altere a forma de se relacionar com o trabalho, como explicam Inamasu e Bernardi (2014) e Pamplona e Silva (2019). Contudo, o produtor rural e as filhas admitem que nem todos os trabalhadores rurais têm competências para alavancar suas operações por meio de tecnologias digitais, por mais que a compra da tecnologia esteja vinculada à capacitação e assistência dos trabalhadores. Segundo eles, “não podemos negar que ainda há resistência quanto às tecnologias”.

Ao serem questionadas a respeito, as filhas do produtor rural afirmam que a aceitação da tecnologia acaba sendo rápida em razão da capacitação e acompanhamento que é oferecido pelo fornecedor da tecnologia digital. Quando o mesmo questionamento foi realizado ao Produtor Rural, ele afirma:

Contratamos um funcionário que era motorista de caminhão, que logo aceitou e assimilou rapidamente a tecnologia e, por mais que nunca tenha trabalhado com os equipamentos, logo se adaptou muito bem com o sistema integrado e com os dados digitalizados, apresentando resultados a campo muito assertivos. No geral, não temos dificuldade com os trabalhadores, eles aprendem rapidamente e trabalham bem com os sistemas e a geração inteligente de dados após treinamentos realizados.

Complementarmente, a filha B comenta:

Eu acredito que o fato de ter a capacitação e o acompanhamento na introdução de novas tecnologias é essencial. Assim, todos, independentemente de escolaridade ou forma de trabalhar, vão assimilando rapidamente, até porque tais tecnologias não são de difícil manuseio, são acessíveis a todos nesse sentido.

Ainda, os entrevistados foram questionados a respeito dos impactos das tecnologias implementadas observados no comportamento dos trabalhadores rurais. Os mesmos observaram “alinhamento entre trabalhador e tecnologia” (Produtor Rural), pois o trabalho “passou a ser realizado com agilidade” (Trabalhador A). Como observa o produtor rural: “nas suas atividades rotineiras, hoje, eles [trabalhadores] demonstram conhecimento técnico no manuseio das máquinas e equipamentos agrícolas”, nas quais estão acopladas as tecnologias digitais (IA, sensores, outras). A filha A afirma não perceber grandes dificuldades no manuseio da tecnologia por parte dos trabalhadores, pelo fato de ser prestado todo o suporte para eles, tanto por parte da empresa que fornece a tecnologia, quanto pelo próprio produtor rural.

É inegável que, além da inserção de tecnologias digitais, a propriedade rural trabalha com plantio em nível, que é uma técnica conhecida também como “plantio em contorno” (Trabalhador B). Nas palavras do Produtor Rural, essa técnica de plantio representa uma prática sustentável, pois: “plantar em nível é respeitar o solo, usando linhas que têm diferentes alturas conforme o terreno. Assim, evitamos erosões [no terreno de plantio] causadas pelo acúmulo de água em uma plantação desnivelada e sem respeitar as áreas”.

O respeito pelo solo e a preocupação com a sustentabilidade está presente na fala do produtor rural e das suas filhas, evidenciando que faz parte da cultura das suas empresas. Nessa lógica, o proprietário relata, ainda, que se deve utilizar corte linha a linha para não sobrepor linhas de plantio, plantio com a compensação em curvas na deposição de sementes em unidades por metro linear, e aplicar fertilizantes em gramas por metro linear, além das taxas variáveis nas linhas de semeadura no processo realizado com a plantadora e a semeadora. Assim, ocorre uma redução entre 9% e 14% no uso de sementes e de fertilizantes e aumento na produtividade de 5% a 12%. Também é realizado o mapeamento com coleta de amostragens de solo georreferenciado, para aplicação em taxas variáveis, usando equipamento terceirizado. O equipamento entra no solo em pontos pré-definidos para fazer a coleta, gerando um mapa de fertilidade para mostrar onde se encontra a terra mais equilibrada, qualificando a decisão sobre a aplicação do fertilizante, tanto em termos de custos quanto de efetividade no processo. Como apontam De Sousa, Lopes e Inamasu (2014), essa tecnologia diminui e até extingue o uso de fertilizantes, diminui a quantidade de sementes no processo de plantio e, por conseguinte, reduz os custos de produção. Também Hackenhaar, Hackenhaar e Abreu (2015) demonstram tais ganhos, os quais são constatados na propriedade rural em questão, até por conta da preocupação do produtor rural em relação às práticas sustentáveis, tanto as relacionadas à sustentabilidade do empreendimento, como pontuam Souza Filho *et al.* (2011) e Vial (2019), quanto pela sustentabilidade ambiental, o que pode ser confirmado quando o produtor rural ganhou o referido prêmio do Estado do RS.

Ademais, para gerar mapas de imagem aérea da propriedade com maior proximidade, estão sendo utilizados drones. De acordo com Amaral *et al.* (2020), a utilização dessa tecnologia se mostra eficaz no controle de pragas e na preservação da lavoura. As imagens digitais geradas pelos drones são analisadas, com o auxílio de *softwares* específicos, com vistas a detectar pragas e desenhar um plano de intervenção. Somam-se a essas tecnologias digitais na produção da lavoura, as tecnologias aplicadas na armazenagem dos grãos. A armazenagem pode gerar receitas extras ao produtor rural (Rocha *et al.*, 2019). Ciente de tais benefícios advindos da armazenagem com digitalização das variáveis que interferem na qualidade do grão, o produtor rural investiu aproximadamente R\$ 950.000,00 (valor base: setembro/2020), na construção de silos de grãos com sistemas de aeração e armazéns de insumos. Submetidos ao processo de aeração adequado, a temperatura e o teor de água dos grãos interferem na qualidade, podendo influenciar na ocorrência de insetos e microrganismos (Nascimento & Queiroz, 2011).

A aceitação dos trabalhadores aos novos recursos tecnológicos na agricultura foi fundamental para alinhar os interesses dos diferentes atores e, ao mesmo tempo, gerar sentimento de pertencimento e de engajamento, como apontam Bezerra e Mozzato (2021). Nesse sentido, a filha A tem desenvolvido um trabalho junto aos trabalhadores em todos os negócios do pai, com preceitos da psicologia do trabalho. Tanto o proprietário quanto os trabalhadores da propriedade afirmam que a capacitação profissional oferecida pelos fornecedores das tecnologias digitais foi fundamental. Seguem relatos que reforçam o exposto: “Eu não sabia nada, só mexia no celular, mas com todas as explicações e acompanhamento dos vendedores, a gente foi pegando o jeito” (Trabalhador B); “Ainda bem que nos ensinaram, eu até achei que não ia aprender, mas depois foi e é bem interessante” (Trabalhador B). Como afirmam o produtor rural e as suas filhas, “basta saber mexer num celular”. Nessa lógica, o

produtor rural reforça: “a empresa que produz a tecnologia ensina e testa *in loco* e, após, fica à disposição para solucionar qualquer dúvida ou problema”. A filha B complementa: “a empresa produtora da tecnologia está sempre à disposição, isso tranquiliza os usuários, até porque as tecnologias, apesar de complexas, são de fácil entendimento para a sua utilização”.

Nesse sentido, os entrevistados entendem que o investimento em tecnologias digitais facilita o serviço dos trabalhadores rurais, fazendo com que, em menos tempo, se produza mais e com qualidade melhor comparativamente aos sistemas tradicionais de produção. Quando há plantação, colheita ou pulverização, as máquinas que são integradas com piloto automático são utilizadas para atingir taxas de assertividades maiores (De Sousa, Lopes, & Inamasu, 2014). Porém, as máquinas inteligentes necessitam da “supervisão” do trabalhador. Para tanto, o trabalhador rural precisa estar qualificado e, assim, seu processo cognitivo volta-se para a parte mais humanizada do trabalho, deixando as situações mais complexas para as máquinas inteligentes (Kelly III, 2015). No contexto de transformação digital, há de se considerar que humanos e não humanos convivem em harmonia no ambiente de trabalho (Castilho & Campos, 2007), e é o que se observou na propriedade rural estudada.

4.2.3 Categoria “modelo de negócios”

As inovações tecnológicas digitais em uso nos processos de produção e de gestão em propriedades rurais suscitam debates em diferentes campos do conhecimento, com destaque para a sociologia rural, economia rural, meio ambiente e administração rural. O pacote tecnológico escolhido pelo produtor rural determina os resultados obtidos no processo produtivo, os quais são mediados pela disponibilidade financeira de cada propriedade rural para realizar investimentos.

As tecnologias digitais implementadas na propriedade estudada modificaram a forma de plantar, colher e elaborar relatórios de produção, bem como de tomar decisões. A explicação está na importância da tecnologia digital na geração de relatórios no momento exato do manuseio do solo, possibilitando que sejam tomadas decisões assertivas no ato. Tais tecnologias impactam na estrutura da agricultura tradicional, modificando métodos e processos de produção rurais, decisões gerenciais sobre produção e colheita e análise do desempenho organizacional.

Assim, o aperfeiçoamento tecnológico nos processos de plantio das lavouras aumentou a capacidade produtiva na mesma área plantada, em razão dos recursos disponíveis para realizar controles (pragas e necessidade hídrica, por exemplo) e reduzir os custos de produção ao desperdício de insumos. Tais resultados foram reconhecidos pelo Governo do Estado do RS ao conferir ao proprietário o prêmio “Agricultor Conservacionista do Solo e Produtor de Água”. Um dos critérios para concessão do referido prêmio foi o compromisso assumido com as práticas de sustentabilidade, alinhando as práticas produtivas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Organizações das Nações Unidas (ODS/ONU) por meio das tecnologias implementadas no manejo da água e do solo e gestão econômica e financeira igualmente sustentáveis.

A IA na propriedade rural analisada vem ganhando espaço e interferindo diretamente na produtividade, qualidade do plantio e lucratividade e, indiretamente, no perfil do trabalhador rural requerido para operar as novas tecnologias no campo. Cada vez mais, há uma transição do trabalho, até então manual, para as máquinas, potencializando, assim, os trabalhadores, para que exerçam os seus conhecimentos adquiridos ao longo do tempo para com todo o sistema de plantação/colheita. Nesse sentido, retoma-se o entendimento de Lioutas e Charatsari (2020) sobre o impacto da digitalização na agricultura. Se, por um lado, melhora a gestão agrícola, aumenta a qualidade dos alimentos e reduz o impacto ambiental, por outro lado, produz exclusões e impõe limites ao seu uso, seja pela extensão territorial da propriedade, seja pela qualificação e grau de instrução dos trabalhadores rurais.

Nesse sentido, o pressuposto inicial de que a propriedade rural investigada adota tecnologias digitais pela proximidade da indústria produtora dessas tecnologias e das instituições de ensino e pesquisa formadoras de profissionais especializados em tecnologias para a AP, se confirmou. A Propriedade Gama é parte integrante do ecossistema de inovação no agronegócio na região norte do RS e a sinergia que tal configuração estrutural do espaço proporciona contribui para a adoção das tecnologias digitais na gestão da propriedade rural.

Outro pressuposto inicial foi confirmado, de que a Propriedade Gama adota tecnologias digitais para extrair o máximo de produtividade dos recursos da lavoura e produzir retorno aos investimentos tecnológicos. Portanto, foi verificada a *digital mindset* e ruptura com o modelo tradicional herdado. Contudo, o proprietário e as filhas admitem que precisam avançar em certos controles gerenciais, sobretudo, relacionados à contabilidade gerencial.

Desse modo, pode-se afirmar que há evidências que sinalizam o potencial da Propriedade Gama em criar novo modelo de negócios. Suas práticas estão sendo orientadas pela perspectiva da sustentabilidade e da inovação contínua para agregação de valor ao produto rural, pela *digital mindset* em todas as atividades e digitalização de todos os processos para a propriedade rural ser cada vez mais inteligente e eficiente, no sentido posto por De Clercq, Vats e Biel (2018), ao conceituar pela primeira vez a AP. De tais práticas e tecnologias digitais implementadas na Propriedade Gama, decorreram novas formas de produzir mais e melhor, com menos, que no conjunto representam rupturas no modo de fazer. Trata-se de inovação disruptiva, mas há possibilidades de melhorar os controles de gestão e avançar em algumas práticas de gestão do conhecimento, obedecendo à lógica do mundo digital.

O caso analisado ensina que há limitações para a ocorrência efetiva da transformação digital. Dentre outras descritas nesta seção, destacamos as seguintes: (i) baixo grau de qualificação dos trabalhadores rurais para lidar com a tecnologia digital; (ii) precária infraestrutura de comunicação nas áreas rurais, para viabilizar o uso do potencial disponível nas máquinas inteligentes; (iii) limitações de acurácia nos mapas de produtividade, as quais demandam profissionais qualificados em tratamento de dados digitais na gestão da propriedade rural; (iv) quantidade limitada de pilotos no mercado, qualificados para operar drones; (v) superar o pensamento sobre o modelo tradicional de gestão da propriedade rural, desenvolvendo a *digital mindset*, a qual requer tempo; (vi) reconhecer que a construção da *digital mindset* está associada à integração dos dados da lavoura a um sistema de gestão e aos relatórios gerados pela contabilidade gerencial.

5 Conclusões

Chegando ao final desta pesquisa, entende-se que foi possível refletir sobre as limitações e as possibilidades da transformação digital na gestão de propriedades rurais, objetivo delineado inicialmente. Dentre as reflexões, é exequível afirmar que a transformação digital no cenário rural está em curso e trazendo muitas possibilidades e perspectivas para as propriedades rurais, ainda mais quando se trabalha na perspectiva das relações interorganizacionais com outras organizações participantes do ecossistema de inovação no agronegócio na região norte do RS: empresas de tecnologia digital e voltadas à inovação no campo, empresas especializadas na fabricação de máquinas e implementos agrícolas e instituições de ensino e pesquisa (universidades, Embrapa, polos tecnológicos e incubadoras). Entretanto, não se nega as limitações existentes, como o necessário desenvolvimento da *digital mindset* que leva à ruptura com modelos herdados, para que ocorra, de fato, a transformação digital.

A transformação digital no campo tem potencialidades para mudar processos, gerar economia nas diferentes etapas do processo produtivo da lavoura e, ao mesmo tempo, submeter o modelo de negócios à revisão. Com a emergência das tecnologias digitais, as competências

organizacionais também foram submetidas à revisão, pois os dados digitalizados passaram a gerar IA, *insights* e melhorias nos processos. As mudanças, contudo, não se limitaram a processos. As tecnologias digitais também provocaram o produtor rural, os membros da sua família e os trabalhadores rurais a usar a lógica digital, exigindo nova cultura organizacional. Os trabalhadores rurais que atuam na propriedade rural estudada demonstram aceitação e engajamento com as inovações tecnológicas, ciência de que a máquina precisa da sua capacidade cognitiva e de seus conhecimentos para produzir resultados efetivos na gestão dos recursos, seja em termos de produtividade, lucratividade ou qualidade. Ao mesmo tempo, tais trabalhadores estão dependentes de um processo continuado de capacitação profissional para saber compreender a complexidade do sistema inerente à AP.

As evidências no caso Propriedade Gama sugerem potencialidades, mas também limitações para a ocorrência de transformação digital em propriedades rurais. Por ser uma propriedade rural de médio porte e manter relações interorganizacionais com outras organizações participantes do ecossistema de inovação no agronegócio na região norte do RS, tem fácil acesso a diferentes tecnologias digitais, recursos financeiros para realizar investimentos e instituições de ensino e pesquisa para capacitar os trabalhadores rurais. Ao mesmo tempo, os trabalhadores rurais não têm competências para operar as máquinas e equipamentos agrícolas de forma integrada com os sistemas de gestão da propriedade, pois a sua formação ainda é mais orientada para o “saber fazer”, limitando o uso do potencial das máquinas inteligentes para usar a tecnologia digital em suas diversas etapas, inclusive para elaborar planos de ação e melhorar a experiência das partes interessadas.

Esse estudo de caso apresentou contribuições tanto acadêmicas quanto gerenciais. As **contribuições acadêmicas** estão relacionadas aos resultados que contribuem com as pesquisas sobre o tema, mais especificamente as conexas aos investimentos em tecnologias digitais em propriedades rurais e, também, estudos que aliam as tecnologias ao potencial da AP, numa relação harmônica entre máquinas inteligentes e trabalhadores rurais. Por sua vez, as **contribuições gerenciais** estão direcionadas aos produtores rurais que pensam em implementar tecnologias digitais em suas propriedades, os quais necessitam ter clareza em relação do que é a transformação digital. Ademais, os modelos de negócios permanecerão economicamente viáveis. Pontualmente, para esse caso estudado, salienta-se a contribuição do estudo para com as análises referentes aos investimentos tecnológicos realizados, possibilitando maior clareza quanto à transformação digital consolidada na propriedade rural, e, também, a que ainda se faz necessária. Por sua vez, como **limitações** desta pesquisa, destaca-se o fato de que não foi realizado um estudo e acompanhamento numérico no que tange aos ganhos e perdas na propriedade rural, com a transformação digital.

Diante da necessidade de mais pesquisas sobre o tema em questão, apresentam-se **sugestões para pesquisas futuras**: está em curso uma nova revolução tecnológica no campo, por meio da engenharia digital, cujas tecnologias desenvolvem *blockchain* e outras soluções digitais para as cadeias globais de fornecimento de alimentos, as quais precisam ser consideradas nos estudos sobre transformação digital em grandes propriedades rurais. Tais tecnologias demandam trabalhadores rurais cada vez mais qualificados. Assim, conduzir pesquisas no campo da administração rural por meio da teoria ator-rede de forma a explorar os limites da máquina (ator não humano) de forma combinada com as capacidades individuais dos atores humanos (trabalhador). Outra sugestão é conduzir pesquisas quantitativas que mensurem os ganhos econômicos nas grandes propriedades rurais advindos da transformação digital.

Referências

-
- Amaral, L., et al. (2020). UAV applications in agriculture 4.0. *Revista Ciência Agronômica*, 51(Special Agriculture 4.0), e20207748. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200091>
- Anfavea. (2022). Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2022*. São Paulo. Recuperado em 12 de janeiro de 2023, de <https://anfavea.com.br/site/>
- Antonini, R. C., et al. (2018). Adoção e uso da agricultura de precisão na região das missões do Rio Grande do Sul. *Holos*, 34(4), 106-121. <https://doi.org/10.15628/holos.2018.6297>
- Bardin, L. (2009). *Análise de conteúdo* (Ed. revista e atualizada). Lisboa: Edições 70.
- Bentivoglio, D., et al. (2022). A theoretical framework on network's dynamics for precision agriculture technologies adoption. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 60(4), e245721. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.245721>
- Bernardi, A. C. C., et al. (2018). Mapping of yield, economic return, soil electrical conductivity, and management zones of irrigated corn for silage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 53(12), 1289-1298. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2018001200001>
- Bezerra, M. A., & Mozzato, A. R. (2021). Gamificação nas organizações: uma revisão de literatura. *Revista UFG*, 21, e21.681484. <https://doi.org/10.5216/revufg.v21.68148>
- Bassoi, L. H., et al. (2019). Agricultura de precisão e agricultura digital. *TECCOGS - Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, 20, 17-36. <https://doi.org/10.23925/1984-3585.2019i20p17-36>
- Bertollo, A. M., & Levien, R. (2019). Compactação do solo em sistema de plantio direto na palha. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 25(3), 208-218. <https://doi.org/10.36812/pag.2019253208-218>
- Brasil. Presidência da República, Casa Civil. (2006). *Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006*. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/11428.htm
- Campanhola, C. (2005). Avanços na pesquisa agropecuária brasileira. *Revista USP*, 64, 68-75. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i64p68-75>
- Conceição, C. S., & Feix, R. D. (2016). A aglomeração produtiva de máquinas e implementos agrícolas dos Coredes Alto Jacuí e Produção (AP Pré-Colheita). In B. M. Macadar & R. M. Costa (Eds.), *Aglomerações e arranjos produtivos locais no Rio Grande do Sul* (pp. 233-278). Porto Alegre: FEE.
- Castilho, J. H., & Campos, R. R. (2007). O fator humano e a resistência à mudança organizacional durante a fase de implantação do sistema de informação: estudo de caso em uma empresa implantadora de tecnologia. *Interface Tecnológica*, 4(1), 117-126.

- Costa, E., et al. (2020). Greenhouses within the Agricultura 4.0 interface. *Revista Ciência Agronômica*, 51, e20207703. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200089>
- Costa, E. D. S., & Reis Neto, A. C. (2022). Escalas para mensurar inovação: identificação de elementos utilizados para mensurar a inovação no contexto empresarial entre o período de 2000 a 2020. *Revista de Administração, Sociedade e Inovação*, 8(2), 24-41. <https://doi.org/10.20401/rasi.8.2.564>
- De Paolis, L., et al. (2022). The role of knowledge management practices in the absorptive capacity: a research of soybean farms. *Knowledge Management Research & Practice*, early view. <https://doi.org/10.1080/14778238.2022.2141146>
- De Sousa, R. V., Lopes, W. C., & Inamasu, R. Y. (2014). Automação de máquinas e implementos agrícolas: eletrônica embarcada, robótica e sistema de gestão de informação. In S. M. F. S. Massruh á et al. (Eds.), *Tecnologia da informação e comunicação e suas relações com a agricultura* (Cap. 11). Brasília: Embrapa.
- Facin, A. L. F., et al. (2022). Temas de destaque na pesquisa em transformação digital: evidências de estudo bibliométrico e análise de conteúdo. *Revista de Administração de Empresas*, 62(6), e2021-0112. <https://doi.org/10.1590/s0034-759020220602x>
- Fernandes, L. R., et al. (2021). Interação homem-máquina e as formas de comunicação humana. *Research, Society and Development*, 10(14), e90101420777. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i14.20777>
- Fisher, D. S. (2022). Unfreezing and refreezing the digital mindset of businesses. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 7(3).
- Garcia, L. C., et al. (2016). Manobras de semeadura com sistema de navegação. *Engenharia Agrícola*, 36(2), 361-366. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n2p361-366/2016>
- Hackenhaar, N. M., Hackenhaar, C., & Abreu, Y. V. D. (2015). Robótica na agricultura. *Interações (Campo Grande)*, 16(1), 119-129. <https://doi.org/10.1590/1518-70122015110>
- Inamasu, R., & Bernardi, A. C. C. (2014). Agricultura de precisão. In A. C. C. Bernardi et al. (Eds.), *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar* (pp. 21-33). Brasília: Embrapa.
- Lima, G. C., et al. (2020). Agro 4.0: enabling agriculture digital transformation through IoT. *Revista Ciência Agronômica*, 51, e20207771. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200100>
- Lioutas, E. D., & Charatsari, C. (2020). Smart farming and short food supply chains: are they compatible? *Land Use Policy*, 94, 104541. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104541>
- Kelly III, J. E. (2015). *Computing, cognition and the future of knowing: how humans and machines are forging a new age of understanding*. New York: IBM Global Service.

-
- Kolbjørnsrud, V., Amico, R., & Thomas, R. J. (2016). How artificial intelligence will redefine management. *Harvard Business Review*.
- Molin, J. P. (2002). Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. *Engenharia Agrícola*, 22(1), 83-92.
- Molin, J. P. (2003). Agricultura de precisão: situação atual e perspectivas. In A. L. Fancelli & D. Dourado-Neto (Eds.), *Milho: estratégias de manejo para alta produtividade* (Vol. 1, pp. 89-98). Piracicaba: ESALQ, USP.
- Montoro, G. C. F., et al. (2014). Contexto socioeconômico e atuação do BNDES na Região Sul. In G. C. F. Montoro et al. (Eds.), *Um olhar territorial para o desenvolvimento: Sul* (pp. 42-71). Rio de Janeiro: BNDES. <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2941>
- Minayo, M. C. S. (Ed.). (2016). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Petrópolis: Vozes.
- Nascimento, V. R. G., & Queiroz, M. R. (2011). Estratégias de aeração de milho armazenado: temperatura e teor de água. *Engenharia Agrícola*, 31(4), 745-759. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000400013>
- Neeley, T., & Leonardi, P. (2022). Developing a digital mindset: How to lead your organization into the age of data, algorithms, and AI. *Harvard Business Review*, 100(3), 50-55.
- Oleksiewicz, I., & Civelek, M. (2019). From artificial intelligence to artificial consciousness: Possible legal bases for the human-robot relationships in the future. *International Journal of Advcompletar Research*, 7(3), 254-263. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/8629>
- Pamplona, J. B., & Silva, M. A. R. (2019). Adoção da agricultura de precisão na América do Sul: O estado da arte em Argentina, Brasil e Colômbia. *Gestão & Regionalidade*, 35(105), Special Edition. <https://doi.org/10.13037/gr.vol35n105.5555>
- Pereira, L. (2003). Inteligência artificial: Mito e ciência. *Revista Colóquio-Ciências*, 3, 1-13.
- Prolo, I., Lima, M. C., & Silva, L. (2018). Os desafios na adoção da tradição interpretativista nas ciências sociais. *Diálogo*, 39. <https://doi.org/10.18316/dialogo.v0i39.4110>
- Puntel, L. A., et al. (2022). How digital is agriculture in a subset of countries from South America? Adoption and limitations. *Crop & Pasture Science*, 9, e. <https://doi.org/10.1071/CP21759>
- Rocha, F. V., et al. (2019). A armazenagem de grãos no Brasil: Qual a melhor estratégia para os exportadores? *Revista de Economia e Agronegócio*, 16(3), 366-386. <https://doi.org/10.25070/rea.v16i3.7812>
- Rogers, D. L. (2017). *Transformação digital: Repensando o seu negócio para a era digital*. São Paulo: Autêntica Business.

- Romani, L., et al. (2020). Role of research and development institutions and agtechs in the digital transformation of agriculture in Brazil. *Revista Ciência Agrônômica*, 51, Special Agriculture 4.0, e20207800. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200082>
- Rijswijk, K., et al. (2021). Digital transformation of agriculture and rural areas: A socio-cyber-physical system framework to support responsabilisation. *Journal of Rural Studies*, 85, 79-90. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.05.003>
- Salomão, P. E. A., et al. (2020). A importância do sistema de plantio direto na palha para reestruturação do solo e restauração da matéria orgânica. *Research, Society and Development*, 9(1), e154911870. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i1.1870>
- Sarfati, G. (2016). Prepare-se para a revolução: Economia colaborativa e inteligência artificial. *GV-Executivo*, 15(1). <https://doi.org/10.12660/gvexec.v15n1.2016.61489>
- Schumpeter, J. A. (1964). *Teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo: Nova Cultura.
- SICT. (2023). Conheça o Inova.RS. Secretaria de Inovação, Ciência e Tecnologia. <https://www.inova.rs.gov.br/conheca-inova-rs>
- Sierra, M. (2007). Inteligencia artificial en la gestión financiera empresarial. *Revista científica Pensamiento y Gestión*, 23.
- Silva, E. A., Freitas, N. S., & Pedrozo, E. A. (2022). A transformação digital nas cadeias alimentares: Uma reflexão sobre sua diversidade, benefícios e riscos. In *Anais do Encontro da ANPAD* (46, online). Maringá: Anpad. <http://www.anpad.org.br>
- Silva Neto, V. J., Bonacelli, M. B. M., & Pacheco, C. A. (2020). O sistema tecnológico digital: Inteligência artificial, computação em nuvem e Big Data. *Revista Brasileira de Inovação*, 19, e0200024. <https://doi.org/10.20396/rbi.v19i0.8658756>
- Soares Filho, R., & Cunha, J. A. R. (2015). Agricultura de precisão: Particularidades de sua adoção no sudoeste de Goiás – Brasil. *Engenharia Agrícola*, 35(4), 689-698. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p689-698/2015>
- Souza Filho, H., et al. (2011). Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 28(1), 223-255.
- Stabile, M. C. C., & Balastreire, L. A. (2006). Comparação de três receptores GPS para uso em agricultura de precisão. *Engenharia Agrícola*, 26(1), 215-223. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162006000100024>
- Venkatraman, N. (1991). IT-introduced business reconfiguration. In M. S. S. Morton (Ed.), *The corporation of the 1990s: Information technology and organizational transformation* (pp. 1-16). New York: Oxford University.

-
- Venkatraman, N. (1994). IT-enabled business transformation: From automation to business scope redefinition. *Sloan Management Review*, 35(2), 73-87.
- Venkatraman, V. (2017). *The digital matrix: New rules for business transformation through technology*. Canada: LifeTree Media.
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118-144.
<https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
- Wanderley, M. N. B. (2017). "Franja periférica", "pobres do campo", "camponeses": Dilemas da inclusão social dos pequenos agricultores familiares. In G. C. Delgado & S. M. P. P. Bergamasco (Orgs.), *Agricultura familiar brasileira: Desafios e perspectivas de futuro* (pp. 66-83). Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário.
- Yin, R. K. (2001). *Estudo de caso: Planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman.
- Yin, R. K. (2016). *Pesquisa qualitativa do início ao fim*. Porto Alegre: Penso.

ⁱ Bacharel em Administração (URI Campus Erechim - 1988). Mestre em Dirección y Organización de Empresas (Universidad Museo Social Argentino/UMSA - 2000). Doutora em Administração (UFLA - 2007) com tese em empresa familiar. Professora Visitante (2022-2024) no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), Campus Erechim. Docente Permanente (1995-2022) no Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGAdm) na Universidade de Passo Fundo. Professora Convidada (2012-2018) no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Unijuí). Editora Associada na Revista de Administração Contemporânea (RAC). Editora Associada na seção "Empreendedorismo" no periódico Gestão & Planejamento G&P). Secretária Geral (Gestão 2014-2016 e 2016-2018) da Associação Nacional de Estudos em Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas (Anegepe).

ⁱⁱ Graduada em Psicologia pela Universidade de Passo Fundo (1990), Especialista em Gestão Empresarial pela Universidade Federal de Santa Catarina (1998), Mestre em Educação pela Universidade de Passo Fundo (2002), Doutora em Administração pela UNISINOS (2012), Estágio Pós-Doutoral em Administração na Universidade Federal de Minas Gerais - CEPEAD/UFMG (2024). Professora titular, fazendo parte do corpo docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGAdm) na Universidade de Passo Fundo (UPF). Líder do grupo de pesquisa Estudos em Gestão Estratégica de Pessoas (GEGEP). Membro do Conselho Editorial Científico da Revista Alcance (Univali). Membro do Comitê Científico da Divisão Acadêmica de Gestão de Pessoas e Relações de Trabalho (GPR) da ANPAD (2024-2026).

ⁱⁱⁱ Bacharel em Administração pela Universidade de Passo Fundo (2020). Aluno no curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Administração na Universidade de Passo Fundo (PPGAdm/UPF). Membro do grupo de pesquisa Estudos em Gestão Estratégica de Pessoas (GEGEP).