

A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NAS CADEIAS ALIMENTARES: UMA REFLEXÃO SOBRE SUA DIVERSIDADE, BENEFÍCIOS E RISCOS

DIGITAL TRANSFORMATION IN FOOD CHAINS: A REFLECTION ON ITS
DIVERSITY, BENEFITS AND RISKS

TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LAS CADENAS ALIMENTARIAS: UNA
REFLEXIÓN SOBRE SU DIVERSIDAD, BENEFICIOS Y RIESGOS

Eliane Alves da silva

 <https://orcid.org/0000-0002-6958-1101>

UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso

e-mail: eliane.alves.silva@unemat.br

Natália da Silva Freitas

 <https://orcid.org/0009-0001-7484-6880>

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

e-mail: natalia.n.freitas@hotmail.com

Submissão em: 10/08/2025

Aceito em: 25/08/2025

RESUMO

O objetivo deste artigo é articular uma discussão teórica potencializada pela transformação digital no contexto da agricultura nas cadeias alimentares. Essa discussão emergente se faz necessária devido à expectativa de agricultores, consumidores, gerentes de organizações e pesquisadores que procuram desenvolver sistemas alimentares em meio a fontes de turbulência inesperada. Para atingir o objetivo proposto deste artigo utilizou-se do modelo de revisão sistemática proposto por Levy e Ellis (2006). Foi observado que a transformação digital altera a distribuição de custos, benefícios e responsabilidades no sistema, exigindo que os atores envolvidos atuem sobre os possíveis efeitos negativos de custos e benefícios. Vale ressaltar que experiências anteriores de modernização agrícola e rural demonstraram que esse “impulso de tecnologia” sem abordar as dimensões socioeconômicas e ecológicas, corre o risco de gerar resultados desagradáveis ou indesejados. Por isso, a questão da transformação digital não pode ser apenas uma questão de atualizar a exclusão digital, mas sim a transformação digital da agricultura, seja ela em grande ou em pequena escala nas cadeias alimentares.

Palavras-chave: Alimentos, Cadeias de Abastecimento, Transformação Digital

ABSTRACT

The aim of this article is to articulate a theoretical discussion enhanced by digital transformation in the context of agriculture in food chains. This emerging discussion is made necessary by the expectations of producers, consumers, managers and research who seek to develop food systems amidst sources of unexpected turmoil. To achieve the proposed objective of this article, it was used the systematic review model proposed by Levy and Ellis (2006). It was observed that digital transformation alters the distribution of costs, benefits and responsibilities in the system, requiring the involved actors to act on the possible negative effects of costs and benefits. It is noteworthy that previous experiences of agricultural and rural modernization have shown that this “technology boost” without addressing the socio-economic and

ecological dimensions runs the risk of generating unpleasant or unwanted results. Therefore, the issue of digital transformation cannot be just a question of updating the digital disfluencies but must occur in large or small food chains in a fair way.

Keywords: Food, Supply Chains, Digital Transformation

RESUMEN

El objetivo de este artículo es articular una discusión teórica potencializada por la transformación digital en el contexto de la agricultura en las cadenas alimentarias. Esta discusión emergente se hace necesaria debido a la expectativa de agricultores, consumidores, gerentes de organizaciones e investigadores que buscan desarrollar sistemas alimentarios en medio la fuentes de turbulencia inesperada. Para alcanzar el objetivo propuesto de este artículo se utilizó del modelo de repaso sistemático propuesto por Levy y Ellis (2006). Fue observado que la transformación digital altera la distribución de costes, beneficios y responsabilidades en el sistema, exigiendo que los actores envueltos actúen sobre los posibles efectos negativos de costes y beneficios. Vale resaltar que experiencias anteriores de modernización agrícola y rural demostraron que ese “impulso de tecnología” sin abordar las dimensiones socioeconómicas y ecológicas, corre el riesgo de generar resultados desagradables o indesejados. Por eso, la cuestión de la transformación digital no puede ser sólo una cuestión de actualizar la exclusión digital, pero sí la transformación digital de la agricultura, sea ella en grande o en pequeña escala en las cadenas alimentarias.

Palabras clave: Alimentos, Cadenas de Abastecimiento, Transformación Digital

1 INTRODUÇÃO

As tecnologias digitais de gerenciamento de safra fazem com que os produtores tenham a flexibilidade de montar componentes que atendam aos problemas de gerenciamento em seus sistemas de produção específicos. Porém, esses componentes variam de acordo com o tipo de investimento que exigem (Birner; Daum; Pray, 2020). Esses investimentos incluem investimentos de capital em equipamentos, investimentos em serviços que fornecem informações, além investimentos em conhecimento e capital humano.

Vale ressaltar que os benefícios e custos da adoção dessas tecnologias digitais diferem de acordo com as características da propriedade e do agricultor (van Es; Woodard, 2017). Mas existe um benefício-chave que as mesmas trazem, que é o potencial para aumentar a eficiência do uso de insumos e, em conjunto, reduzir duas fontes principais de incerteza que afetam as operações agrícolas, as variações nas condições do solo e no clima. Essas tecnologias também podem afetar os requisitos de mão de obra e o tipo de mão de obra necessária, bem como a necessidade de equipamento de capital e os custos de capital associados (Khanna, 2020).

Ao se aplicar tecnologias digitais, como sensores e máquinas inteligentes na agricultura, se pode gerar benefícios relacionados à produção de alimentos (Rounsevell; Harrison, 2016). No entanto, há divergências sobre o papel que essas tecnologias irão desempenhar nos sistemas alimentares futuros. Por um lado, há uma narrativa que apoia a agricultura industrial e sistema alimentar direcionado para cadeias longas, enquanto há autores voltados para o papel que a digitalização pode desempenhar dentro de sistemas alimentares em cadeias curtas, com tecnologias digitais de baixo custo.

Portanto, neste artigo, optou-se por articular uma discussão teórica potencializada pela transformação digital no contexto da agricultura nas cadeias

alimentares. Essa discussão emergente se faz necessária devido à expectativa de agricultores, consumidores, gerentes de organizações e pesquisadores que procuram desenvolver sistemas alimentares em meio a fontes de turbulência inesperada. A capacidade de antecipar e se preparar para interrupções parece fundamental para o sucesso nesta empreitada (Zouri, Ruel; Viale, 2020). E algumas das estratégias sugeridas é o uso de tecnologias digitais (Michel-Villarreal *et al.*, 2021; Shveda, 2020).

Para atingir o objetivo proposto deste artigo utilizou-se do modelo de revisão sistemática proposto por Levy e Ellis (2006), caracterizado por entradas de informação, processamento, dividido em 6 fases, e por fim, a saída, que é a análise das informações de entrada. Para a primeira fase utilizou-se de uma revisão bibliométrica, que levou à análise qualitativa de 24 artigos na fase de processamento.

Como principais achados, na fase final da revisão sistemática, identificaram-se que a transformação digital altera a distribuição de custos, benefícios e responsabilidades no sistema, exigindo que os atores envolvidos atuem sobre os possíveis efeitos negativos de custos e benefícios. Não se pode repetir erros de experiências anteriores de modernização agrícola e rural, que priorizaram apenas o impulso tecnológico, é preciso abordar as dimensões socioeconômicas e ecológicas. Por isso, a transformação digital da agricultura deve ser pensada para atender tanto cadeias alimentares longas quanto curtas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Transformação Digital em sistemas alimentares

A aplicação de novas tecnologias digitais na agricultura é algo que está em constante expansão, visto que as tecnologias digitais tendem a auxiliar nas entregas de serviços ecossistêmicos nos sistemas alimentares os quais estão inseridos. Segundo Lajoie-O'Malley *et al.* (2020) os sistemas alimentares estão se desenvolvendo em direção a um futuro inovador, em que o papel das tecnologias digitais é essencial para esse desenvolvimento, sendo visões que essas tecnologias apresentam um significado positivo para os sistemas alimentares futuros.

A transformação digital na agricultura e nas áreas rurais é uma prioridade política em nível global (Trendov *et al.*, 2019; World Bank, 2019). Seguiu-se o *Green Deal*, no qual as tecnologias digitais são consideradas “um capacitador crítico para atingir os objetivos de sustentabilidade” (European Commission, 2019, p. 7), e em 2020 a estratégia “Da fazenda para o garfo” indica que “a Política Agrícola Comum (PAC) também deve facilitar cada vez mais o apoio ao investimento para melhorar a resiliência e acelerar a transformação verde e digital das fazendas” (European Commission, 2020, p. 16).

As mudanças agrícolas são inevitáveis, já que as tecnologias digitais têm transformado o setor agrícola. Nesse sentido, caso as novas tecnologias não sejam inseridas no setor agrícola, há o risco de não oferecer sustentabilidade e segurança nos alimentados, o que impacta tanto grandes como pequenos agricultores (Lajoie-O'Malley *et al.*, 2020).

A transformação digital compreende um espectro de atividades, abrangendo digitalização e digitalização. A digitalização pode ser descrita como a “conversão técnica de informações analógicas em formato digital” (Rijswijk, *et al.*, 2021), enquanto digitalização é o termo frequentemente usado para descrever os processos sociotécnicos em torno do uso de uma grande variedade de tecnologias digitais que

têm impacto nos contextos sociais e institucionais (Rijswijk, *et al.*, 2021). A digitalização vai além do nível de um único negócio ou entidade, ligando dados dentro e fora da fazenda e tarefas de gerenciamento, que são aprimoradas pela consciência do contexto e da situação e acionadas por eventos em tempo real (Rijswijk, *et al.*, 2021; Rose; Chilvers, 2018). Nesse sentido, Mugge *et al.* (2020, p. 28) aponta que:

As organizações estão preocupadas com a superação de novas tecnologias sua capacidade de se manter ou permanecer competitiva. Com o advento de novas tecnologias digitais e modelos de negócios em rápida mudança, essas empresas se preocupam se as organizações são ágeis o suficiente para responder a novos clientes expectativas que podem mudar seu modelo de negócio principal.

Muitos consideram a transformação digital como a solução para os desafios que a agricultura e as áreas rurais enfrentam (Trendov *et al.*, 2019; World Bank, 2019), como parte de uma transição para a “Agricultura 4.0” (Klerkx; Rose, 2020) contribuindo à transformação de sistemas agroalimentares (Herrero *et al.*, 2021; Klerkx; Begemann, 2020). No entanto, as lições aprendidas com as revoluções tecnológicas anteriores sugerem cautela (Bronson, 2019; Eastwood *et al.*, 2019; Rijswijk, *et al.*, 2021), pois a inovação, agrícola e rural, não é um processo inherentemente bom e sem valor, mas normativamente carregado e impulsionado por diferentes visões e visões de mundo.

As tecnologias digitais atuais podem ter vários impactos indesejáveis, invisíveis e desconhecidos como, por exemplo, efeitos emergentes que só se tornam claros quando essas tecnologias são colocadas em prática (Klerkx; Rose, 2020; Pansera *et al.*, 2019; Rijswijk, *et al.*, 2021; Scholz *et al.*, 2018). Tem-se argumentado que a transformação agricultura nas áreas rurais e as tecnologias digitais, reforçam sistemas atuais que são considerados insustentáveis economicamente, socialmente e ecologicamente e favorecem os grandes jogadores (Clapp; Ruder, 2020; Cowie *et al.*, 2020; Miles, 2019; Praise *et al.*, 2020).

Khanna (2020) destaca que os produtores têm a possibilidade de organizar os elementos que gerenciam os seus sistemas de produção, os quais devem ser compatíveis com suas operações agrícolas, no entanto, a utilização de tecnologias digitais para maximizar a eficiência do uso dos insumos e diminuir as incertezas que podem afetar as operações agrícolas, é essencial.

2.2 Cadeias alimentares longas

Segundo Gazolla e Schneider (2017), as cadeias alimentares longas são cadeias do sistema agroalimentar industrial compostas por uma complexidade de agentes intermediários e que envolve desde empresas de insumos e sementes, maquinários, tecnologia, produção, logística, armazenagem, distribuição até o consumidor final.

As Cadeias de Abastecimento de Alimentos estão envolvidas em um processo de reinvenção. Embora os computadores e as tecnologias de sistema de posicionamento global tenham usado na produção de alimentos por décadas, prevê-se que a agricultura esteja passando por uma digitalização mais completa sob a aplicação de sensores para coletar dados e máquinas inteligentes para minerá-los. Lajoie-O’Malley *et al.*, (2020) citam o exemplo dos tratores John Deere, que coletam dados passivamente sobre uma série de variáveis ambientais em nível de fazenda. Dados de

todos os usuários de trator são agregados por uma empresa parceira que implanta algoritmos de computador para pesquisar sobre *big data* e gerando conselhos para os agricultores sobre quando plantar, semear e pulverizar. Hoje, o equipamento agrícola que incorpora sensores de coleta de dados é chamado de precisão equipamento. Essas ferramentas são assim chamadas porque, quando usadas em conjunto com GPS, os dados são pensados para facilitar a tomada de decisão por meio de previsão e modelagem precisas. Dados, por exemplo, podem ser usados para apontar para áreas específicas de um campo que precisa de atenção (Poppe *et al.*, 2015; Sonka, 2015).

Conforme Lajoie-O'Malley *et al.* (2020), a literatura acadêmica e popular sobre agricultura digital identifica um link entre informações precisas coletadas de big data e gerenciamento ambientalmente correto. Esse vínculo costuma ser apresentado como tão profundo que representa uma mudança de paradigma das metas agrícolas baseadas na produção para a sustentabilidade. Alguns veem isso como uma mudança radical em direção às decisões de produção de alimentos que “substituem o conhecimento por insumos físicos” (Bongiovanni; Lowenberg-DeBoer, 2004, p. 359).

No século passado, durante a "Revolução Verde", o uso de materiais sintéticos e fertilizantes contribuíram para o aumento da produção agrícola. No entanto, seu uso não refletiu as condições locais do solo e da água porque as recomendações foram desenvolvidas para maiores zonas agroecológicas. Eles apenas se concentraram no aumento da produtividade, negligenciando quaisquer consequências ambientais adversas. O uso de sensores de solo na agricultura pode mudar fundamentalmente esta abordagem, permitindo abordagens inovadoras “de baixo para cima” que caracterizam o solo local e condições ambientais no espaço e no tempo, melhorando a eficiência da produção para maximizar a renda agrícola e minimizar os efeitos colaterais ambientais (Rossel; Bouma, 2016, p. 71).

Na verdade, empresas como a Bayer / Monsanto sugerem que o objetivo corporativo de maximizar o lucro por meio da venda de produtos químicos e sementes as entradas serão substituídas pelo objetivo de vender resultados sociais e ambientais positivos por meio da venda de informações geradas por big data. Com dispositivos sensores, se pode aprender muito mais sobre o que está e o que não está ajudando as colheitas e pecuária e criar uma maneira melhor de fazer as coisas (Maity, 2018, p. n.p.).

2.3 Cadeias alimentares curtas

O impacto das tecnologias digitais na cadeia de abastecimento está em desenvolvimento e isso torna o impacto da digitalização complexo, já que há a necessidade do uso de análise de dados para uma melhor visibilidade, além da precisão das previsões e planos de contingência. Michel-Villarreal (2020) aponta que, estudos recentes estão concentrados em analisar as ferramentas digitais na prática dentro das empresas, as quais podem introduzir a utilização das novas ferramentas digitais de forma simultânea. Dessa forma, a adoção de diferentes ferramentas digitais pode impactar às cadeias de abastecimento de alimentos, visto que as tecnologias digitais são vistas como um impacto significativo.

De acordo com Giuca (2012), as cadeias curtas têm como característica o encurtamento do percurso do alimento no sistema agroalimentar. Existe uma redução ou eliminação de praticamente todos os agentes intermediários nas relações entre produtores e consumidores.

Com relação ao encurtamento da cadeia de abastecimento, Cadeia alimentar curta tem ganhado atenção na pesquisa de sistemas alimentares durante a última

década. Esses estudos compreendem uma ampla variedade de iniciativas, como agricultura apoiada pela comunidade (AAC), mercados de agricultores e lojas de agricultores, muitas vezes caracterizadas por aspectos geográficos e relacionais proximidade, alimentação local e compromisso com a cooperação (Chiffolleau; Dourian, 2020). Vários benefícios são esperados das Cadeias Alimentares Agrícolas (CAAs), tais como “benefícios econômicos para produtores e consumidores, fortalecimento das relações sociais, preservação do meio ambiente, melhoria dos aspectos nutricionais e aumento do desenvolvimento local” (United Nations, 2020, p. 3). No entanto, a sustentabilidade e a continuidade das Cadeias de Suprimentos (CS) estão constantemente ameaçadas. As CSs sustentáveis precisam de resiliência para se preparar, responder e se recuperar de interrupções inesperadas e para continuar suas operações (Chowdhury *et al.*, 2012; Ivanov, 2022).

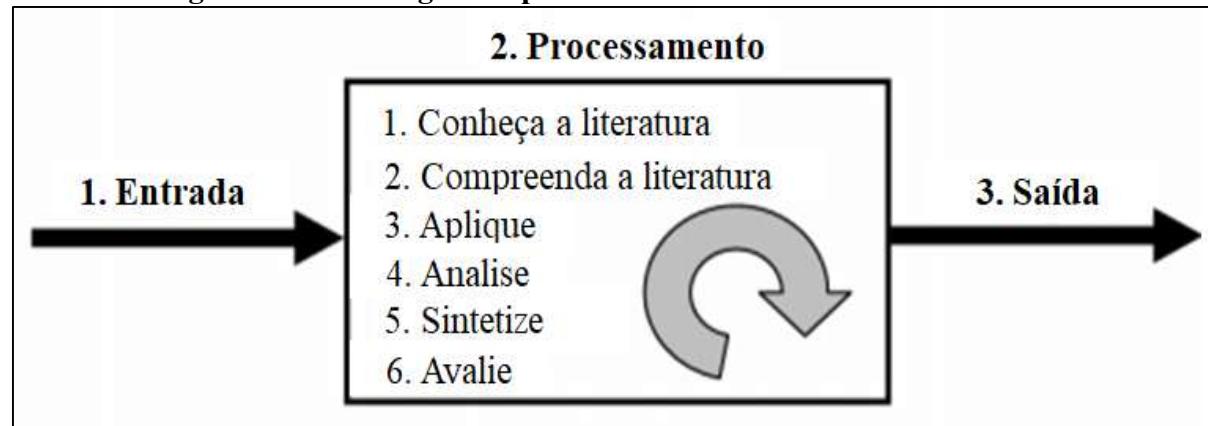
Argumenta-se que, na presença de rupturas inesperadas, a resiliência de uma CS determina sua capacidade de sustentar seu desempenho econômico, ambiental e social (Eltantawy, 2016). Por outro lado, também é argumentado que a sustentabilidade em CSs pode apoiar a recuperação após interrupções, mas o resultado dependerá de suas capacidades de resiliência associadas (Mari *et al.*, 2014).

Destaca-se que há a necessidade de pesquisas mais aprofundadas, a fim de compreender a relação do uso das diferentes tecnologias e seus impactos e desafios nas cadeias alimentares. Michel-Villarreal (2020) evidencia que uma análise mais aprofundada é necessária para compreender quais contribuições das tecnologias digitais e sua capacidade de resiliência de CS, já que, atualmente, o efeito da digitalização na resiliência da cadeia de abastecimento é pouco estudado.

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Este artigo apresenta o processo de revisão da literatura de forma sistemática, seguindo a abordagem “entrada-processamento-saída”, proposta por Levy e Ellis (2006). Os autores estabelecem um processo de revisão de literatura que compreende: 1) Entradas, 2) Processamento e 3) Saídas. A Figura 1 fornece uma visão geral do processo proposto.

Figura 1- Os 3 estágios do processo de revisão de literatura efetivo



Fonte: Levy e Ellis, 2006, p. 182.

A Entrada ocorreu por meio de uma revisão bibliométrica. Para a revisão textual foram utilizados trabalhos publicados nas bases de dados do *Web Of Science* e Scopus, considerando publicações nacionais e internacionais no período de 2017 a 2021. Como descritores foram utilizadas as palavras-chave “*Transformação Digital*”

Or "Digital Transformation", And "Agri" Or "Agro". Levou-se em conta os descritores de busca no título, resumo e palavras-chave, sendo encontrados 295 artigos.

No contexto de seleção inicial, havia 295 publicações, das quais 42 eram duplicadas. Na segunda análise foram excluídas 17 publicações que eram revisões em conferências, e na terceira análise das publicações foram excluídas 158, pois eram artigos de eventos, capítulos de livros e livros.

Com base na elegibilidade restaram 78 artigos em que foi possível a análise sobre o fator de impacto da revista. Priorizou-se a leitura dos artigos provenientes de periódicos com fator Q1. Após a leitura de resumos dos estudos, selecionou-se qualitativamente 24 artigos para incluí-los neste trabalho.

A partir destes 24 artigos iniciou-se a fase de Processamento da revisão sistemática, em que houve conhecimento e compreensão da literatura e identificou-se a discussão da transformação digital em cadeias alimentares. Nesta mesma fase, encontrou-se uma subdivisão nessa temática que abrange cadeias alimentares longas e curtas no contexto da transformação digital. A partir disso, surgiu o objetivo deste artigo, que é articular uma discussão teórica potencializada pela transformação digital no contexto da agricultura nas cadeias alimentares.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o desenvolvimento de tecnologias houve melhorias na agricultura, processamento de alimentos, limpeza e embalagem, armazenamento, além de maiores possibilidades de distribuição e comercialização. Essas são etapas que ocorrem tanto nos sistemas alimentares de cadeias longas, que chegam a ter alcance global quanto nos de cadeias curtas, que atendem localidades, e a transformação digital contempla essas duas categorias. Vale ressaltar que existem autores com diferentes posicionamentos de como ocorre essa transformação digital e consequentemente seus impactos. Trazer essas discussões, que muitas vezes convergem e divergem, contribui para a formulação de políticas públicas e construção de mercados voltados para essas realidades, levando em consideração a sustentabilidade ambiental e socioeconômica.

Conforme Rijswijk, *et al.*, 2021, o processo de transformação digital abrange tanto a digitização quanto a digitalização, em que a digitização é mais frequentemente vista nos estágios iniciais do processo de transformação digital e tende a se concentrar no nível micro. A digitalização muitas vezes abrange mais atores, em nível meso ou macro, e implica um nível mais maduro de uso de tecnologia digital (Eastwood *et al.*, 2019; Fielke *et al.*, 2019; Higgins e Bryant, 2020).

Rijswijk, *et al.*, 2021, trouxeram um exemplo de digitalização no contexto da pecuária leiteira e como ele se envolveu com a digitização, levando a uma digitalização mais abrangente na União Europeia (UE). Os autores notaram que na pecuária leiteira existem várias interações com a transformação digital, ocorrendo uma intensificação contínua, resultando no aumento do tamanho das fazendas, principalmente em termos de tamanho do rebanho (Clay *et al.*, 2020; Thorsøe *et al.*, 2020; Vellinga *et al.*, 2011). Portanto, o manejo da fazenda, considerando aspectos como saúde e bem-estar animal; produção e qualidade do leite; e produção e qualidade de ração, é cada vez mais realizado com o suporte de várias tecnologias digitais (Rijswijk, *et al.*, 2021).

Sob a influência de Klerkx e Rose, 2020, Rijswijk, *et al.*, 2021, acreditam que a transformação digital altera a distribuição de custos, benefícios e responsabilidades no sistema, exigindo que os atores envolvidos atuem sobre os possíveis efeitos

negativos de custos e benefícios. Isso está de acordo com as afirmações de que a transformação digital da agricultura e das áreas rurais não deve ser impulsionada pela tecnologia, mas sim pelos problemas e aberta a diferentes caminhos de transição (Lajoie-O'Malley *et al.*, 2020; Rose; Chilvers, 2018). Experiências anteriores de modernização agrícola e rural demonstraram que o impulso de tecnologia sem abordar as dimensões socioeconômicas e ecológicas corre o risco de gerar resultados desagradáveis ou indesejados (Horlings; Marsden, 2011; Pingali, 2012). Por este motivo, para Rijswijk, *et al.*, 2021, a questão da transformação digital não pode ser apenas uma questão de recuperar o atraso digital, mas sim, a transformação digital da agricultura e das áreas rurais deve estar ligada a uma transformação mais ampla dos padrões socioeconômicos de desenvolvimento além de ser coerente em suas estratégias.

Embora exista um grupo preocupado com os impactos da digitalização nas cadeias alimentares, existe outro grupo de autores voltados para as tecnologias agrícolas de precisão. Para Khanna (2020), embora as tecnologias agrícolas de precisão tenham a capacidade de levar em conta a variabilidade no campo, o recente desenvolvimento de tecnologias digitais está agora permitindo a “agricultura inteligente” com base não apenas na localização, mas também em informações em tempo real sobre condições climáticas, necessidades de nutrientes do solo e outras condições de cultivo. Além disso, as tecnologias digitais expandiram a capacidade de agregar dados de alta resolução de várias fazendas e outras fontes, incluindo dados públicos, dados privados e dados de máquinas e sensores.

As tecnologias agrícolas habilitadas digitalmente usam informações eletrônicas e outras tecnologias digitais para coletar, processar e analisar dados espaciais e temporais e os combinam com tecnologias agrícolas de precisão para ações direcionadas (Lowenberg-deBoer; Erickson 2019). Khanna (2020), prevê que essas tecnologias terão o potencial de alcançar maior eficiência de produção, menor aplicação de insumos, menor desperdício e poluição de insumos e maior lucratividade da fazenda. Porém Zhang *et al.* (2002), observaram várias limitações adicionais de tecnologias de precisão que limitaram sua adoção, incluindo a capacidade dos agricultores de analisar e usar a vasta quantidade de dados gerados por essas tecnologias para decisões de manejo, falta de evidência dos benefícios da agricultura de precisão, intensidade de trabalho qualificado e altos custos de adoção. Isso poderia afetar os preços e a disposição de fornecer vários componentes de serviços de tecnologia de precisão no futuro e ter um impacto na vontade do agricultor em adotá-los.

Just e Zilberman (2002), afirmam que as novas tecnologias diferem em seus custos de aprendizagem e algumas podem envolver custos significativos de aprendizagem e informação. Os indivíduos tendem a aprender com a experiência dos membros da comunidade e a adotar as práticas usadas por indivíduos bem-sucedidos. Dada a complexidade técnica das tecnologias agrícolas de precisão, os agricultores provavelmente também precisarão de serviços de assessoria e consultoria especializados em gerenciamento de dados (Khanna, 2020).

Para os autores incluídos no grupo de transformação digital voltada para cadeias alimentares longas, uma propriedade maior pode reduzir os custos por unidade de insumos, consultores e capital físico e fornecer as economias de escala necessárias para tornar sua operação lucrativa. Porém, ferramentas de alta tecnologia beneficiam principalmente grandes propriedades que podem fazer grandes investimentos em tecnologia. Propriedades menores geralmente não têm o capital necessário para manter o ritmo. Isso pode mudar conforme o acesso e a entrega de

informações continuarem se tornando mais baratos. Mas, mesmo no curto prazo, existem maneiras inovadoras em que os pequenos agricultores com recursos humanos limitados e os investimentos de capital financeiro usam tecnologias digitais, como telefones celulares e cada vez mais a internet para maximizar os recursos.

Ao trazer essa discussão da transformação digital para pequenos agricultores, Lajoie-O’Malley *et al.* (2020), discutem que há oportunidades para aqueles que podem usar as tecnologias, mas também apresentam novos desafios para aqueles que não conseguem acompanhar o ritmo. Para os autores além de aplicativos, drones ou máquinas agrícolas, a inovação na agricultura envolve diferentes aspectos sociais, organizacionais ou processos institucionais, que vão desde o acesso a mercados, crédito ou serviços de extensão até a comercialização de produtos de uma nova maneira.

Em seu artigo, O’Malley *et al.* (2020), analisam documentos sobre agricultura digital produzidos pelo Banco Mundial, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e Organização para a Economia Cooperação e Desenvolvimento (OCDE). Os autores encontraram textos que discutem possíveis impedimentos sociais e políticos para a revolução agrícola digital às pequenas propriedades, como a resistência às inovações provocadas por conflitos de valores. Mas há uma temática comum que faz com que a transformação digital se aproxime dos agricultores familiares. Esse tema é a incerteza dentro do contexto de mudança climática, cujo conhecimento convencional sobre a agricultura não é suficiente.

Seguindo essa mesma linha de raciocínio de que os pequenos agricultores se voltam para a transformação digital mediante fontes de turbulência inesperada, Michel-Villarreal *et al.* (2021), em seu artigo exploraram o papel das tecnologias digitais como facilitadores da resiliência em cadeias alimentares curtas no México. Segundo os autores as cadeias de abastecimento de alimentos estão engajadas em um processo de reinvenção. A mudança climática, as metas de desenvolvimento sustentável e a inesperada pandemia COVID-19 resultaram em mais tensões além de mudanças no comportamento dos consumidores.

No que diz respeito ao encurtamento da cadeia de abastecimento, há uma ampla variedade de iniciativas, como agricultura apoiada pela comunidade (AAC), mercados de agricultores e lojas de agricultores, muitas vezes caracterizadas por aspectos geográficos e relacionais, proximidade, alimentação local e compromisso com a cooperação (Chiffolleau; Dourian, 2020).

Para Michel-Villarreal *et al.* (2021), um aspecto relevante sobre o uso de tecnologias digitais para apoiar a gestão da informação é que as mesmas ferramentas podem ser usadas em cadeias alimentares centralizadas e descentralizadas. Os autores descreveram como comunidades ampliaram o uso de tecnologias digitais para implementar um sistema de “pedido e coleta” para continuar operando com segurança durante a pandemia COVID-19.

Já no seu artigo, Vlachopoulou *et al.* (2021), investigaram diferentes tipos de modelos digitais *AgroFood-tech* ao longo da cadeia de suprimentos além de analisar seu papel no setor de agronegócio. Para os autores os modelos de *e-business* inovadores permitem a transformação digital das empresas agrícolas e agroalimentares que constituem a chave do crescimento, visto que, em determinadas condições, podem contribuir para a competitividade nacional, o desenvolvimento regional e recuperação da crise econômica. Além disso, a digitalização implica que os modelos de negócios inovadores que conectam a oferta e a demanda na cadeia de valor mais ampla e no sistema alimentar, aumentem a sustentabilidade e a

empregabilidade, estimulem novos investimentos e gerar fluxos de receita (Vlachopoulou *et al.*, 2021).

No ambiente digital, o setor *AgroFood-Tech* explora inovações no modelo de negócios, incluindo *e-marketplaces* que melhoram a experiência do cliente e encurtam as cadeias de abastecimento, passando de modelos transacionais para modelos orientados a serviços (Nabradi; Kovács, 2020). *E-business* inovador os modelos evoluíram para redes complexas, coerentes e integradas que coordenam parcerias-chave entre muitos participantes em toda a cadeia de abastecimento, incluindo clientes, fornecedores, intermediários e outros parceiros de negócios.

Conforme observado nessa síntese de informações provenientes da revisão sistemática realizada neste artigo é possível traçar um paralelo com a realidade nacional. De acordo com uma pesquisa realizada pelo Sebrae, Inpe e Embrapa em 2020, sobre a agricultura digital brasileira, verificou-se que 84% dos agricultores utilizam pelo menos uma ferramenta de tecnologia digital para apoio em sua produção agrícola e que, apesar dos entraves ainda enfrentados na zona rural, principalmente de infraestrutura de conectividade, há uma tendência de ampliação de aplicações de tecnologias mais especializadas que intensificará ativamente a digitalização da agricultura até 2030 (Embrapa, 2020).

A maioria das ferramentas são utilizadas no planejamento e gestão das propriedades rurais, mas grande parte dos produtores brasileiros já utilizam tecnologias mais avançadas como sensores remotos (satélites e drones), eletrônica embarcada, aplicativos e plataformas digitais para fins específicos no sistema de produção que são capazes de gerar impactos positivos, como reduzir custos, aumentar a qualidade e agregar valor à produção, reduzir dos danos ambientais, ampliar o acesso a mercados e promover crescimento e riqueza (Embrapa, 2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em concordância com Rose e Chilvers (2018), este artigo buscou por uma abordagem mais sistêmica para mapear as inovações associadas à digitalização da agricultura. Vale ressaltar que é necessário a ampliação das noções de inclusão da transformação digital para incluir uma diversidade de participantes.

A transformação digital altera a distribuição de custos, benefícios e responsabilidades no sistema, exigindo que os atores envolvidos atuem sobre os possíveis efeitos negativos de custos e benefícios. Vale ressaltar que experiências anteriores de modernização agrícola e rural demonstraram que esse “impulso de tecnologia” sem abordar as dimensões socioeconômicas e ecológicas, corre o risco de gerar resultados desagradáveis ou indesejados. Por isso, a questão da transformação digital não pode ser apenas uma questão de atualizar a exclusão digital, mas sim a transformação digital da agricultura, seja ela em grande ou em pequena escala.

Segundo Sage (2013), o crescimento de redes agroalimentares alternativas vem sendo motivada pelas críticas aos problemas do sistema agroalimentar convencional, especialmente pela sua insustentabilidade ambiental e desenraizamento.

Com a atual mudança de comportamento dos consumidores, há um crescente interesse pela rastreabilidade, procedência e sustentabilidade da produção de alimentos (Allen *et al.*, 2003; Hinrichs, 2003; Kneafsey, 2010).

Os sistemas alimentares são desafiados a encontrar soluções para gerenciar turbulências inesperadas, riscos, incertezas e pressões de diversos fatores, como mudanças climáticas, degradação do solo, diminuição da biodiversidade, aumento

populacional, fome, insegurança alimentar, mudanças nos padrões de consumo entre outros.

Para mitigar os prejuízos e impactos desses fatores, e para alcançar maior eficiência de produção, menor aplicação de insumos, menor desperdício e poluição e maior lucratividade da fazenda, a tecnologia digital é vista como uma das principais e mais importantes ferramentas, e já vem sendo adotada em grande escala no Brasil e no mundo.

Por sua vez, a implementação dessas tecnologias nos sistemas agroalimentares, também encontram dificuldades, como alto custo de investimento, problemas ou falta de infraestrutura de conectividade em áreas rurais, alto valor de prestadores de serviços especializados, custos operacionais, de manutenção e atualização, dificuldade na análise dos dados gerados pelas tecnologias.

O custo da transformação digital nas cadeias longas, pode ser diluído por unidade de insumos, consultores, operação, equipamentos e todos os elementos necessários para que esta ocorra e fornecer a economia de escala necessárias para tornar sua operação lucrativa. Desta forma, as ferramentas de alta tecnologia beneficiam principalmente grandes propriedades que podem fazer grandes investimentos em tecnologia.

Do contrário, as propriedades menores, de cadeias curtas, geralmente não têm o capital necessário para investir na transformação digital e se beneficiar de suas vantagens, mas o que se constata no cenário brasileiro é que muitos pequenos produtores rurais fazem uso de tecnologias digitais menos sofisticadas, como telefones celulares e internet para maximizar seus recursos.

Além disso, Renting *et.al.* (2017), sugerem que é necessário não negligenciar o apoio institucional, de novas formas de associativismo e de governança inovadora para que o desenvolvimento tecnológico rural, através do crescimento e desenvolvimento das cadeias curtas de abastecimento de alimentos (CCAA), seja sustentável nas dimensões ambiental, social e econômica.

Como principais achados, na fase final da revisão sistemática, identificaram-se que a transformação digital altera a distribuição de custos, benefícios e responsabilidades no sistema, exigindo que os atores envolvidos atuem sobre os possíveis efeitos negativos de custos e benefícios. A modernização agrícola não se pode priorizar apenas o impulso tecnológico, é preciso abordar as dimensões socioeconômicas e ecológicas e a transformação digital da agricultura deve ser pensada para atender tanto cadeias alimentares longas quanto curtas.

Como agenda de pesquisa, sugere-se um aprofundamento mais detalhado com o propósito de identificar se os objetivos da transformação digital nas cadeias longas contemplam as dimensões ambiental e social da sustentabilidade, visto que os sistemas alimentares sustentáveis pressupõem benefícios sociais e ambientais além dos econômicos.

Entende-se por fim, que esta revisão sistemática cumpriu a sua função de articular uma discussão teórica potencializada pela transformação digital no contexto das cadeias alimentares apresentando um panorama das características fundamentais de cada tipo de cadeia e dos sistemas alimentares, refletindo sobre a transformação digital e seus benefícios, desafios e tendências na produção de alimentos.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, P.; FITZ SIMMONS, M.; GOODMAN, M.; WARNER, K. 2003. Shifting places in the agrifood landscape: the tectonics of alternative agrifood initiatives in California. **Journal of Rural Studies**, v. 19, p. 61-75, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0743-0167\(02\)00047-5](https://doi.org/10.1016/S0743-0167(02)00047-5). Acesso em: 05 ago. 2025.
- BIRNER, R.; DAUM, T.; PRAY, C. Who drives the digital revolution in Agriculture? A Worldwide Review of Supply-Side Trends, Players and Challenges. **Applied Economics Policy and Perspective**, v43, n.4, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/aapp.13145>. Acesso em: 05 ago. 2025.
- BONGIOVANNI, R.; LOWENBERG-DEBOER, J. Precision agriculture and sustainability. **Precision Agriculture**, v. 5, p. 359–387, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/B:PRAG.0000040806.39604.aa>. Acesso em: 05 ago. 2025.
- BRONSON, K. Looking through a responsible innovation lens at uneven engagements with digital farming. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 90–91, p. 100294, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.03.001>. Acesso em: 05 ago. 2025.
- GAZOLLA M.; SCHNEIDER, S. **Cadeias curtas e redes agroalimentares alternativas**: negócios e mercados da agricultura familiar. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2017.
- CLAPP, J.; RUDER, S.-L. Precision technologies for agriculture: digital farming, gene-edited crops, and the politics of sustainability. **Global Environmental Politics**, v. 20, n. 3, p. 49-69, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1162/glep_a_00566. Acesso em: 05 ago. 2025.
- CHIFFOLEAU, Y.; DOURIAN, T. Sustainable food supply chains: is shortening the answer? A Literature Review for a Research and Innovation Agenda. **Sustainability**, v. 12, n. 23, 9831, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12239831>. Acesso em: 05 ago. 2025.
- CHOWDHURY, M.H.; NAIM, A.; DEWAN, M.; QUADDUS, M.A. Resilient sustainable supply chain management: a conceptual framework. In. **Proceedings of the International Conference on Data Communication Networking, e-Business and Optical Communication Systems** (ICE-B 2012), Rome, Italy, 24–27 July 2012; 1, 165–173, ISBN 978-989-8565-23-5. Disponível em: <https://www.scitepress.org/papers/2012/40158/40158.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2025.
- CLAY, N., GARNETT, T.; LORIMER, J. Dairy intensification: drivers, impacts and alternatives. **Ambio**, v. 49, p. 35–48, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01177-y>. Acesso em: 05 ago. 2025.
- COWIE, P.; TOWNSEND, L.; SALEMINK, K. Smart rural futures: will rural areas be left behind in the 4th industrial revolution? **Journal of Rural Studies**, v. 79, p. 169–176, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jurstud.2020.08.042>. Acesso em: 05 ago. 2025.

EASTWOOD, C.; AYRE, M.; NETTLE, R.; DELA RUE, B. Making sense in the cloud: Farm advisory services in a smart farming future. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 90-91, 100298, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.04.004>. Acesso em: 05 ago. 2025.

ELTANTAWY, R. Towards sustainable supply management: requisite governance and resilience capabilities. **Journal of Strategic Marketing**, n. 24, p. 118–130, 2016. Disponível: <https://doi.org/10.1080/0965254X.2015.1011201>. Acesso em: 05 ago. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA [EMBRAPA]. 2020. **Pesquisa mostra o retrato da agricultura digital brasileira**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/54770717/pesquisa-mostra-o-retrato-da-agricultura-digital-brasileira>. Acesso em 3 dez. 2021.

EUROPEAN COMMISSION. **The European Green Deal**. Brussels, 2019. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN>. Acesso em 3 dez 2021.

EUROPEAN COMMISSION. **A farm to fork strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system**. Brussels, 2020. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:ea0f9f73-9ab2-11ea-9d2d-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF. Acesso em 3 dez. 2021.

FIELKE, S.J.; GARRARD, R.; JAKKU, E.; FLEMING, A.; WISEMAN, L.; TAYLOR, B.M. Conceptualising the DAIS: implications of the ‘digitalisation of agricultural innovation systems’ on technology and policy at multiple levels. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 90-91, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.04.002>. Acesso em: 05 ago. 2025.

Giua, S. CONOSCERE LA FILIERA CORTA. In: GIARÉ, F.; GIUCA, S. (Org.). **Agricoltori e filiera corta: profili giuridici e dinamiche socio-economiche**. Roma: INEA, 11-30, 2012.

HERRERO, M.; THORNTON, P.K.; MASON-D'CROZ, D.; PALMER, J.; BODIRSKY, B.L.; PRADHAN, P.; BARRETT, C.B.; BENTON, T.G.; HALL, A.; PIKAAR, I.; BOGARD, J.R.; BONNETT, G.D.; BRYAN, B. A.; CAMPBELL, B.M.; CHRISTENSEN, S.; CLARK, M.; FANZO, J.; GODDE, C.M.; JARVIS, A.; LOBOGUERRERO, A.M., MATHYS, A., MCINTYRE, C.L., NAYLOR, R.L., NELSON, R.; OBERSTEINER, M.; PARODI, A.; POPP, A.; RICKETTS, K.; SMITH, P.; VALIN, H.; VERMEULEN, S. J.; VERVOORT, J.; VAN WIJK, M.; VAN ZANTEN, H.H.E.; WEST, P.C.; WOOD, S.A.; ROCKSTROM, J. Articulating the effect of food systems innovation on the Sustainable Development Goals. **The Lancet Planetary Health**, v. 5, n. 1, p.e50–e62, 2021. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30277-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30277-1). Acesso em: 05 ago. 2025.

HIGGINS, V., BRYANT, M. Framing agri-digital governance: industry stakeholders, technological frames and smart farming implementation. **Sociologia Ruralis**, v. 60, n. 2, p. 438–457, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/soru.12297>. Acesso em: 05 ago. 2025.

HINRICHES, C. The practice and politics of food system localization. **Journal of Rural Studies**, v. 19, p. 33-45, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0743-0167\(02\)00040-2](https://doi.org/10.1016/S0743-0167(02)00040-2). Acesso em: 05 ago. 2025.

HORLINGS, L.G., MARSDEN, T.K. Towards the real green revolution? Exploring the conceptual dimensions of a new ecological modernisation of agriculture that could ‘feed the world’. **Global Environ Change**, v. 21, n. 2, p. 441–452, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.004>. Acesso em: 05 ago. 2025.

IVANOV, D. Viable supply chain model: integrating agility, resilience and sustainability perspectives. lessons from and thinking beyond the COVID-19 Pandemic. **Annals of Operations Research**, v. 319, p. 1411–1431, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03640-6>. Acesso em: 05 ago. 2025.

JUST, D.; ZILBERMAN, D. Information Systems in Agriculture. **Giannini Foundation of Agricultural Economics**, v. 6, n. 1, p. 3–6, 2002. Disponível em: https://s.giannini.ucop.edu/uploads/giannini_public/26/07/260747d2-867f-43bc-806b-9772191a6d91/v6n1_2.pdf. Acesso em: 05 ago. 2025.

KLERKX, L.; ROSE, D. Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: how do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? **Global Food Security**, v. 24, p. 100347, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100347>. Acesso em: 05 ago. 2025.

KLERKX, L.; BEGEMANN, S. Supporting food systems transformation: the what, why, who, where and how of mission-oriented agricultural innovation systems. **Agricultural Systems**, v. 184, p. 102901, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102901>. Acesso em: 05 ago. 2025.

KHANNA, Mandhu. Digital transformation of the agricultural sector; pathways, drivers and policy implications. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 43, n. 4, p. 1221 -1242, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/aepp.13103>. Acesso em: 05 ago. 2025.

KNEAFSEY, M. The region in food - important or irrelevant? **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, v. 3, p. 2, p. 177-190, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/cjres/rsq012>. Acesso em: 05 ago. 2025.

LAJOIE-O'MALLEYA, Alana; BRONSONA, Kelly; VAN DER BURGB, Simone; KLERKXC, Laurens. The future of digital agriculture and sustainable food systems: an analysis of high-level policy documents. **Ecosystem Services**, v. 45, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101183>. Acesso em: 05 ago. 2025.

LEVY, Y.; ELLIS, T.J. A system approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. **Informing Science Journal**, v.9, 181-212, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.28945/479>. Acesso em: 05 ago.2025.

LOWENBERG-DEBOER, James; BRUCE, Erickson. Setting the Record Straight on Precision Technology Adoption. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 4, p. 1-18, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj2018.12.0779>. Acesso em: 05 ago.2025.

MAITY, S. What is digital farming? Discussion with Tobias Menne, head of Digital Farming at BASF. Capgemini Worldw, 2018. Disponível em: <https://www.capgemini.com/2018/04/what-is-digital-farming-discussion-with-tobias-menne-head-of-digital-farming-bASF/>. Acesso em: 07 jan. 2020.

MARI, S.I.; LEE, Y.H.; MEMON, M.S. Sustainable and resilient supply chain network design under disruption risks. **Sustainability**, v. 6, n. 10, p. 6666-6684, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su6106666>. Acesso em: 05 ago.2025.

MICHEL-VILLARREAL, Rosario; VILALTA-PERDOMO, Eliseo Luis; CANAVARI, Maurizio; HINGLEY, Martin. Resilience and digitalization in short food supply chains: a case study approach. **Sustainability**, v. 13, n. 11, p. 59-13, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13115913>. Acesso em: 05 ago.2025.

MILES, C. The combine will tell the truth: on precision agriculture and algorithmic rationality. **Big Data & Society**, v. 6, n. 1, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/2053951719849444>. Acesso em: 05 ago.2025.

MUGGE, Paul *et al.* Patterns of Digitization: a Practical Guide to Digital Transformation. 2020. **Technology Management**, v. 63, n. 2, p. 27-35. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/08956308.2020.1707003>. Acesso em: 05 ago.2025.

NABRADI, A.; KOVÁCS, T. Types of Platform Based Collaborative Economy and Its Potential Areas in Agribusiness. **Western Balkan Journal of Agricultural Economics and Rural Development**, v. 2, p. 9-19, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5937/WBJAE2001009N>. Acesso em: 05 ago.2025.

PANSERA, M., EHLERS, M.-H.; KERSCHNER, C. Unlocking wise digital technofutures: contributions from the Degrowth community. **Futures**, v. 114, p. 102474, 2019. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2019.102474>. Acesso em: 05 ago.2025.

PINGALI, P.L. Green revolution: impacts, limits, and the path ahead. **Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A**, v, 109, n. 31, p. 12302-12308, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109>. Acesso em: 05 ago.2025.

POPPE, K.; WOLFERT, J.; VERDOUW, C.; RENWICK, A. A European perspective on the economics of big data. **Farm Policy J.**, v. 12, n. 1, p. 11-19, 2015. Disponível em: <https://research.wur.nl/en/publications/a-european-perspective-on-the-economics-of-big-data>. Acesso em: 05 ago.2025.

Prause, L., Hackfort, S. & Lindgren, M. 2020. Digitalization and the third food regime. **Agric Hum Values**., v. 38, p. 641-655. <https://doi.org/10.1007/s10460-020-10161-2>. Acesso em: 05 ago.2025.

RENTING, H.; MARSDEN, T.; BANKS, J. Compreendendo as redes alimentares alternativas: o papel de cadeias curtas de abastecimento de alimentos no desenvolvimento rural. In: GAZOLLA, M.; SCHNEIDER, S. **Cadeias curtas e redes agroalimentares alternativas: negócios e mercados da agricultura familiar**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2017. p. 27-51.

RIJSWIJK, Kelly; LAURENS, Klerkx; BACCO, Manlio; BARTOLINI, Fabio; BULTEN, Ellen; DEBRUYNE, Lies; DESSEIN, Joost; SCOTTI, Ivano; BRUNORI, Gianluca. Digital transformation of agriculture and rural areas: a socio-cyber-physical system framework to support responsibilisation. **Journal of Rural Studies**, v. 85, p. 79-90, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.05.003>. Acesso em: 05 ago.2025.

ROSE, D.C.; CHILVERS, J. Agriculture 4.0: broadening responsible innovation in an era of smart farming. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 2, n. 87, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00087>. Acesso em: 05 ago.2025.

ROSSEL, R.A.V.; BOUMA, J. Soil sensing: A new paradigm for agriculture. **Agricultural Systems**, v. 148, p. 71–74, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aggsy.2016.07.001>. Acesso em: 05 ago.2025.

ROUNSEVELL, M.D.; HARRISON, P.A. **Drivers of change for ecosystem services**. Routledge Handbook, 2016.

SCHOLZ, R.; BARTELSMAN, E.; DIEFENBACH, S.; FRANKE, L.; GRUNWALD, A.; HELBING, D.; VIALE PEREIRA, G. Unintended side effects of the digital transition: European scientists' messages from a proposition-based expert round table. **Sustainability**, v. 10, n. 6, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su10062001>. Acesso em: 05 ago.2025.

SHVEDA, K. **How coronavirus is changing grocery shopping. follow the food**. 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/future/bespoke/follow-the-food/how-covid-19-is-changing-food-shopping.html>. Acesso em: 05 ago.2025.

SONKA, S. Big Data: from hype to agricultural tool. **Farm Policy Journal**, v. 12, n. 1, p. 1-9, 2015. Disponível em: <https://www.farminstitute.org.au/product/fpj1201b-sonka-s-2015-big-data-from-hype-to-agricultural-tool/>. Acesso em: 05 ago.2025.

THORSØE, M.; NOE, E.; MAYE, D.; VIGANI, M.; KIRWAN, J.; CHISWELL, H., TSAKALOU, E. Responding to change: Farming system resilience in a liberalized and volatile European dairy market. **Land Use Policy**, 99, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105029>. Acesso em: 05 ago.2025.

TRENDOV, N.M.; VARAS, S.; ZENG, M. **Digital technologies in agriculture and rural areas.** Rome: Status Report, 2019.

United Nations Industrial Development Organization. Short Food Supply Chains for Promoting Local Food on Local Markets; Department of Trade, Investment and Innovation (TII): Washington, DC, USA, 2020; Disponível em: <https://tii.unido.org/sites/default/files/publications/SHORT%20FOOD%20SUPPLY%20CHAINS.pdf>. Acesso em: 05 ago.2025.

VAN ES, H. M.; WOODARD, J. D. Innovation in agriculture and food systems in the digital age. In. DUTTA, S.; LANVIN, B.; WUNSCH-VINCENT, S. ed. **The Global Innovation Index.** Geneva, Switzerland: World Intellectual Property Organization, 2017.

VELLINGA, T.V.; BANNINK, A.; SMITS, M.; VAN DEN POL-VAN DASSELAAR, A.; PINXTERHUIS, I. Intensive dairy production systems in an urban landscape, the Dutch situation. **Livestock Science**, v. 139, n. 1–2, p. 122–134, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.010>. Acesso em: 05 ago.2025.

VLACHOPOULOU, M.; ZIAKIS, C.; VERGIDIS, K.; MADAS, M. Analyzing agrifood-tech e-business models. **Sustainability**, 2021, v. 13, n. 10, p. 5516. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13105516>. Acesso em: 05 ago.2025.

WORLD BANK. Future of food harnessing digital technologies to improve food system outcomes. 2019. Washington, DC. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/52f37cc3-66c3-5fd0-aa51-85a5823c64f7>. Acesso em: 05 ago.2025.

ZHANG, N.; WANG, M.; WANG, N. Precision agriculture— a worldwide over-view. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 36, n. 2-3, p. 113–132, 2002 Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00096-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00096-0). Acesso em: 05 ago.2025.