

Os Principais Desafios para a Popularização de Práticas Inovadoras de Agricultura Inteligente

<http://dx.doi.org/10.21527/2237-6453.2020.54.204-217>

Recebido em: 2/6/2020

Aceito em: 27/10/2020

Victor Fraile Sordi¹, Sara Cristiane Machado Vaz²

RESUMO

A agricultura inteligente (*Smart Farming*), ciência que combina as vantagens oferecidas pelas inovadoras tecnologias da chamada agricultura 4.0, com a indústria agrícola já consolidada, oferece uma nova concepção de propriedades rurais, com intensiva aplicação de tecnologias de informação e comunicação. Suas práticas são reconhecidas como saída para o crescente desafio de produzir mais alimentos utilizando menos recursos, além de satisfazer a novos e exigentes padrões de consumo mais sustentáveis. Embora os potenciais benefícios da popularização desse novo modelo de propriedade rural sejam reconhecidos, há ainda uma série de gargalos e desafios a serem superados para que essas práticas sejam instituídas e disseminadas pelo Brasil e pelo mundo. Este estudo buscou identificar os principais desafios a serem superados para a popularização dessas práticas. Empregou-se uma revisão sistemática integrativa de publicações disponíveis nas bases de dados: *Scopus*, *Web of Science*, *Science Direct*, *Spell* e *Scielo*. Os resultados mostram que os principais desafios são: (1) Infraestrutura Digital, (2) Qualificação, (3) Insegurança e Desconfiança, (4) Integração e Customização e (5) Capital e Crédito.

Palavras-chave: Fazendas inteligentes. Agricultura 4.0. Agricultura digital.

THE MAIN CHALLENGES FOR THE POPULARIZATION OF INNOVATIVE PRACTICES IN SMART FARMING

ABSTRACT

Smart agriculture, a science that combines the advantages offered by agricultural 4.0 technologies and the already consolidated agricultural industry, offers a new concept of farm, intensive application of information and communication technologies. Its practices are recognized as a way out of the growing challenge of producing more food using fewer resources, in addition to meeting new and demanding more sustainable consumption patterns. Although the potential benefits of popularizing this farm model are recognized, there are several challenges to be overcome for these practices to be implemented and disseminated. The objective of this study is to identify the main challenges to be overcome for the popularization of these practices. A systematic integrative review of publications available in the databases: *Scopus*, *Web of Science*, *Science Direct*, *Spell* and *Scielo*, is presented. The results show that the main challenges are: (1) Digital Infrastructure, (2) Qualification, (3) Insecurity and Mistrust, (4) Integration and Customization and (5) Capital and Credit.

Keywords: Smart Farms. Agriculture 4.0. Digital Agriculture.

¹ Autor correspondente. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). MS-141, Km 04. CEP 79950-000. Naviraí/MS, Brasil. <http://lattes.cnpq.br/6120431017656310>. <https://orcid.org/0000-0002-1689-1587>. victor.sordi@ufms.br

² Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Estima-se que a população mundial atingirá a marca de 9,6 bilhões de pessoas até 2050. Nessas circunstâncias, a produção de alimentos deverá aumentar em 70% para satisfazer à nova demanda (COLEZEA *et al.*, 2018). Na medida em que a demanda por alimentos aumentará substancialmente, a pressão pública, de diferentes *stakeholders*³, por sistemas produtivos mais sustentáveis, menos agressivos ao meio ambiente, com menor utilização de recursos naturais, já faz parte das preocupações do setor do agro-negócio há algum tempo.

A *Food and Agriculture Organization* (FAO) defende que a saída para esses desafios é a inovação, sobretudo, com a popularização das práticas de agricultura inteligente (COLEZEA *et al.*, 2018). É nesse contexto que surgem os modelos de “fazendas inteligentes” ou propriedades rurais inteligentes, o que chamamos de agricultura 4.0.

Esses modelos estão mudando a habitual “paisagem” dos campos pelo mundo. Agora, drones e robôs itinerantes circulam por campos abertos, capturando imagens de alta resolução de plantas (BOURSIANIS *et al.*, 2020). Imagens de satélite identificam pontos de acesso e, por meio de georreferenciamento, as máquinas podem ser operadas remotamente. Sensores rastreiam condições de campo, solo, água e nutrientes (PHAM; STACK, 2018). Todo esse conjunto de operações está conectado pela chamada Internet das Coisas⁴ (MUANGPRATHUB *et al.*, 2019), e gera uma infinidade de dados que são analisados em nuvem por sofisticados sistemas de análise de *Big Data*⁵ (WOLFERT *et al.*, 2017). Esses dados são apresentados aos agricultores em dispositivos móveis em tempo real (MUSAT *et al.*, 2018).

A agricultura 4.0 seria a terceira grande revolução na produção agrícola graças à aplicação dessas tecnologias disruptivas já citadas no modelo de propriedades rurais inteligentes (*Smart Farm*). A agricultura 1.0 seria a era agrícola tradicional, respondendo, principalmente, às forças de mão de obra e animais; já a agricultura 2.0 seria a intensificação de uso de máquinas agrícolas (manuais) e produtos químicos no século 19, enquanto a agricultura 3.0 refere-se à intensificação ocorrida no século 20 na utilização de programas de computador e técnicas robóticas em máquinas agrícolas que passaram a operar com mais precisão e eficiência (ZHAI *et al.*, 2020).

Embora os potenciais benefícios da popularização do modelo de agricultura inteligente estejam cada vez mais reconhecidos por todos os setores do agronegócio mundial (REGAN, 2019), há ainda uma série de gargalos e desafios a serem superados para que essas práticas sejam instituídas e popularizadas e para que a agricultura 4.0 provoque a revolução que promete. Este estudo buscou identificar os principais desafios a serem superados para a popularização dessas práticas.

³ *Stakeholders* são as partes interessadas, os públicos de interesse ou ainda os públicos de relacionamento de uma determinada organização (JUNIOR *et al.*, 2014).

⁴ *Internet das Coisas (IoT)* trata-se de um ecossistema que conecta objetos físicos, sensores, atuadores, para trocar, armazenar e coletar dados por meio de uma aplicação de software (CARRION; QUARESMA, 2019).

⁵ *Big Data* são grandes volumes de dados coletados mediante diferentes fontes, em diversos formatos e devem ser armazenados, analisados e gerenciados de forma peculiar (DA SILVA; SILVA; FORTES, 2018).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Como supracitado, estima-se que o crescimento populacional aumentará substancialmente a demanda por alimentos e, conseqüentemente, a necessidade de aumento de produtividade no campo (COLEZEA *et al.*, 2018). Conjuntamente ao crescimento populacional, em alguns países em desenvolvimento novas camadas de populações mais vulneráveis socioeconomicamente estão ingressando rapidamente no mercado, aumentando sensivelmente o consumo per capto de produtos alimentícios (SAATH; FACHINELLO, 2018).

Somadas a essa conjuntura de expansão de mercado consumidor e aumento populacional, novos padrões de consumo exigem das cadeias produtivas outras preocupações além do aumento da produtividade, como a preferência por produtos orgânicos (RANA; PAUL, 2017), a busca por alimentos funcionais (ZHANG *et al.*, 2018), foco nas certificações e rastreabilidade (MCCARTHY; LIU; CHEN, 2016), dentre outros fatores potenciais que exigirão investimentos ao longo de todos os elos dessas cadeias produtivas.

Dessa maneira, para a *Food and Agriculture Organization* (FAO) a saída para o agronegócio passa pela intensificação do uso de tecnologia e pela popularização das práticas de agricultura inteligente (COLEZEA *et al.*, 2018). Se, por um lado, ainda não há um consenso estabelecido como conceito para as tecnologias inteligentes na agricultura (WOLFERT *et al.*, 2017), por outro esse fenômeno ganha cada vez mais destaque, tanto na literatura quanto no mercado agrícola, em razão do rápido desenvolvimento da internet das coisas (IoT) e da computação em nuvem⁶ (PIVOTO *et al.*, 2018).

A terminologia “*smart farming*” é um domínio relativamente novo que alcançou uma certa popularidade no atual contexto do agronegócio. Surgiu da necessidade de produzir mais com menos esforço e consiste em integrar tecnologias modernas na agricultura convencional para elevar a qualidade e a quantidade de produtos agrícolas (COLEZEA *et al.*, 2018).

A agricultura inteligente tem como fundamento a incorporação de tecnologias de informação e comunicação (TICs) em máquinas, equipamentos e sensores e nos sistemas de produção agrícola, que permitem que um grande volume de dados e informações seja gerado com a inserção progressiva da automação nos processos (PIVOTO *et al.*, 2018). Ela prevê o aproveitamento das TICs como facilitadoras das atividades de organizações agrícolas, tornando-as mais eficientes, produtivas e rentáveis (O’GRADY; O’HARE, 2017).

Nesse sentido, ao tratar-se de um fenômeno novo, que possui outros termos relacionados, salienta-se a necessidade de distinção entre “Agricultura de Precisão” e “Agricultura Inteligente” (PIVOTO *et al.*, 2018). Enquanto a Agricultura de Precisão leva em conta a variabilidade no campo, a Agricultura Inteligente vai além, baseando as tarefas de gerenciamento não apenas no local, mas também em dados, aprimorados pela consciência de contexto e situação, acionada por eventos em tempo real (WOLFERT *et al.*, 2017). Ou seja, a agricultura inteligente é uma evolução da agricultura de precisão.

⁶ *Computação em Nuvem* é a disponibilidade de aplicações computacionais oferecidas como serviços a partir de acesso via Internet, por meio de hardware e software hospedados em datacenters remotos (SANCHEZ; CAPPELLOZZA, 2012).

O desenvolvimento contínuo das TICs oferece um potencial significativo para o gerenciamento de informações em todos os tipos de organizações, inclusive em propriedades rurais. As novas tecnologias de detecção oferecem aos agricultores a capacidade de monitorar suas propriedades com um nível de detalhe sem precedentes, em uma multiplicidade de dimensões e em tempo real. Há, agora, a possibilidade de desenvolver modelos específicos de “fazendas inteligentes”, em que o agricultor pode planejar suas atividades em resposta às diversas mudanças nas circunstâncias e condições, possibilitando tomadas de decisão mais assertivas, ágeis e inteligentes (O’GRADY; O’HARE, 2017).

Neste estudo, buscou-se abordar a agricultura inteligente e suas práticas como um fenômeno novo que ainda requer maior aprofundamento, inclusive uma maior compreensão dos desafios envolvidos em sua popularização.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Empregou-se uma revisão sistemática integrativa de literatura, que são pesquisas bibliográficas planejadas para responder a uma pergunta específica, utilizando métodos explícitos e sistemáticos para identificar, selecionar e avaliar criticamente estudos tanto qualitativos quanto quantitativos, teóricos e empíricos, em busca de uma síntese do conhecimento disponível sobre o fenômeno analisado (BOTELHO; DE ALMEIDA CUNHA; MACEDO, 2011).

Utilizou-se publicações disponíveis nas bases internacionais: *Scopus*, *Web of Science*, *Science Direct*; e nacionais: *Spell* e *Scielo*, abrangendo somente artigos científicos que tratassem da “agricultura inteligente” (*Smart Farming*) ou de “fazenda inteligente” (*Smart Farm*). Identificou-se incipiência de publicações em português sobre a temática. Na Tabela 1 apresenta-se os detalhes das buscas utilizadas.

Tabela 1 – Protocolo de Busca da Revisão Sistemática

Base de Dados	Descritores	Escopo	Tipo de Documento	Intervalo	Entradas	Documentos relevantes
Scopus	“Smart farming” or “Smart Farm”	Título, resumo e palavras-chave	Artigos e Revisões	2015-2020	175	8
Web of Science	“Smart farming” or “Smart Farm”	Tópico	Artigos e Revisões	2015-2020	93	9
Science Direct	“Smart farming” or “Smart Farm”	-	Artigos e Revisões	-	185	15
Spell	“Fazendas inteligentes” ou “agricultura inteligente”	Resumo	-	-	0	0
Scielo	“Fazendas inteligentes” + “agricultura inteligente”	Todos os índices	-	-	1	0

Total de Documentos Relevantes 17*

*há documentos que estão em mais de uma base de dados

Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

Todas as “entradas” indicadas na Tabela 1 foram analisadas pelos seus títulos, resumos e palavras-chave, sendo descartadas as publicações identificadas como não relevantes para o objetivo do estudo. As publicações selecionadas como relevantes foram analisadas na íntegra em busca dos principais desafios envolvidos na popularização das práticas de agricultura inteligente.

Encontrar, nessa amostra de artigos, os desafios envolvidos na popularização das práticas de agricultura inteligente, foi uma tarefa de natureza subjetiva e investigativa, pois a maioria dos manuscritos não sugerem quais são os desafios, mas indicam indícios e evidências dos problemas, barreiras e necessidades para o uso dessas tecnologias e ferramentas. Utilizamos, nesse processo, a ferramenta matriz de síntese (BOTELHO; DE ALMEIDA CUNHA; MACEDO, 2011), que possibilita destrinchar os textos em busca de categorias de análise que, invariavelmente, revelam padrões e distinções entre os textos.

Ao longo da leitura e análise das publicações selecionadas são construídas categorias de análise, como “Métodos Utilizados”, “Conceitos Adotados”, “Facilitadores” e “Barreiras”, à medida que os pesquisadores percebem padrões, semelhanças e diferenças entre as publicações. Toda a amostra de publicações é analisada conforme as categorias que vão sendo criadas, resultando em uma matriz que resume e descreve as diferentes publicações por intermédio das categorias de análise.

Após a identificação dos principais desafios envolvidos, efetuamos novas pesquisas pontuais nas bases de dados em busca de outras evidências que suportassem os achados e integrassem os constructos identificados. Os resultados desta revisão são apresentados a seguir.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora já existam tecnologias para sustentar o conceito de agricultura inteligente (COLEZEA *et al.*, 2018), a adoção depende de uma série de fatores adicionais (O’GRADY; O’HARE, 2017). O Quadro 1 elenca os principais desafios para a popularização das práticas de agricultura inteligente identificados nas publicações consultadas.

Quadro 1 – Desafios à Popularização da Agricultura Inteligente

Desafios	Aspectos	Estudos
Infraestrutura Digital	Conexão à Internet, Capacidade de Processamento, Armazenamento e Transmissão de Dados.	Asseng e Asche (2019); Colezea <i>et al.</i> (2018); Eastwood <i>et al.</i> (2019); Jakku <i>et al.</i> (2018); Kamilaris, Kartakoullis e Prenafeta-Boldú (2017); Muangprathub <i>et al.</i> , (2019); O’Grady e O’Hare (2017); Pham e Stack (2018); Pivoto <i>et al.</i> (2018); Regan (2019); Wolfert <i>et al.</i> (2017)
Qualificação	Consultoria e Extensão Rural, Educação Digital, Desenvolvimento de Novas Competências.	Asseng e Asche (2019); Bronson (2019); Ayre <i>et al.</i> (2019); Eastwood <i>et al.</i> (2019); Jakku <i>et al.</i> (2018); Kamilaris, Kartakoullis e Prenafeta-Boldú (2017); O’Grady e O’Hare (2017); Pivoto <i>et al.</i> (2018); Regan (2019); Van der Burg, Bogaardt e Wolfert (2019); Yoon, Lim e Park (2020)

Insegurança e Desconfiança	Ceticismo, Resistência às Mudanças, Incerteza quanto aos Riscos e Benefícios, Insegurança no Compartilhamento de Dados, Distribuição de Poder, Rejeição dos Consumidores.	Bronson (2019); Eastwood <i>et al.</i> (2019); Jakku <i>et al.</i> (2018); O’Grady e O’Hare (2017); Regan (2019); Van der Burg, Bogaardt e Wolfert (2019); Wiseman <i>et al.</i> (2019)
Integração e Customização	Integração pontual entre tecnologias, Centralidade no Usuário.	Asseng e Asche (2019); Ayre <i>et al.</i> (2019); Eastwood <i>et al.</i> (2019); O’grady e O’Hare (2017); Pivoto <i>et al.</i> (2018); Wolfert <i>et al.</i> (2017)
Capital e Crédito	Custos de Execução e Manutenção; Preços Proibitivos, Fragilidades Econômicas dos Pequenos Produtores.	Bronson (2019); O’Grady e O’Hare (2017); Regan (2019); Pivoto <i>et al.</i> (2018); Van der Burg, Bogaardt e Wolfert (2019); Yoon, Lim e Park (2020)

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Infraestrutura Digital

A agricultura inteligente envolve a incorporação de tecnologias de informação e comunicação em máquinas, equipamentos e sensores utilizados em sistemas de produção agrícola. Novas tecnologias, como a Internet das Coisas, Big Data e a Computação em Nuvem, devem avançar nesse desenvolvimento, introduzindo mais robôs e inteligência artificial na agricultura (PIVOTO *et al.*, 2018).

O processamento e transmissão de dados em tempo real é um dos fatores fundamentais da concepção desse novo tipo de propriedade rural (ASSENG; ASCHE, 2019). As tecnologias supracitadas necessitam de conectividade para que os benefícios dessas soluções sejam totalmente incorporados pelos produtores (PIVOTO *et al.*, 2018). Há, no entanto, limitações de infraestrutura digital no campo, sobretudo falta de cobertura de rede de telefonia móvel em zonas rurais, além das dificuldades de acesso a sinal de internet de qualidade (JAKKU *et al.*, 2018; PIVOTO *et al.*, 2018).

No Brasil esse fato é ainda mais grave, posto que, segundo o Censo Agro 2017, somente 28% dos produtores declararam ter acesso à internet (1.430.156 produtores), 659 mil produtores por meio de banda larga e 909 mil produtores via internet móvel (BRASIL, 2017). Ainda segundo o mesmo censo, mais de 70% das propriedades rurais não possuem conexão (3,64 milhões de propriedades).

Os modelos de agricultura inteligente necessitam de aparatos físicos mínimos para coletar, armazenar e transmitir dados, desde *smartphones*, *tablets*, sensores e atuadores, até computadores, servidores e maquinário georreferenciado (KAMILARIS; KARTAKOULLIS; PRENAFETA-BOLDÚ, 2017; MUANGPRATHUB *et al.*, 2019; MUSAT *et al.*, 2018). Essa é uma deficiência estrutural comum identificada nas propriedades rurais. Apesar do crescente barateamento e popularização dessas tecnologias e ferramentas (ASSENG; ASCHE, 2019), muitos produtores não possuem um conjunto mínimo de equipamentos (*hardware*) para uma captura de valor dessas práticas inovadoras, sobretudo por fragilidades econômicas e financeiras (BRONSON, 2019). No Brasil, para se ter uma ideia da possível “lacuna digital”, olhando para a mecanização que precede a digitalização, apenas 14% de todos os estabelecimentos declararam possuir tratores (BRASIL, 2017).

Além da falta de conectividade e das limitações de *hardware*, outro fator estrutural que ainda limita a captura de valor das soluções de agricultura inteligente é a falta de dados (WOLFERT *et al.*, 2017). Como todo esse sistema é baseado no armazenamento, processamento e transmissão de grandes conjuntos de dados em tempo real (KAMILARIS; KARTAKOULLIS; PRENAFETA-BOLDÚ, 2017), com a carência de dados o sistema fica subutilizado e seus benefícios potenciais não são totalmente incorporados pelos produtores rurais.

Evidencia-se, dessa maneira, que as limitações na infraestrutura digital são um dos grandes desafios a serem enfrentados no processo de popularização das práticas de agricultura inteligente. Relacionado diretamente a este desafio, identificou-se, nas publicações consultadas, que a qualificação no campo é uma outra barreira a ser superada.

Qualificação

Embora a indústria, os governos e as agências de fomento como o Banco Mundial tenham cada vez mais concentrado enormes esforços para convencer os agricultores dos benefícios ambientais e econômicos da agricultura inteligente, a adoção tem sido desigual e limitada a alguns nichos de produtores e empreendimentos (BRONSON, 2019).

Um fator limitador para a aplicação das soluções tecnológicas propostas pela agricultura inteligente ou 4.0 é a qualificação de produtores, colaboradores, consultores, extensionistas e técnicos para esses novos modelos de produção voltados para os dados e para a digitalização de processos (KAMILARIS; KARTAKOULLIS; PRENAFETA-BOLDÚ, 2017; PIVOTO *et al.*, 2018).

Essas soluções geralmente necessitam de conhecimentos técnicos e sofisticados sobre as ferramentas, aparelhos e interfaces (PIVOTO *et al.*, 2018). O “nível educacional” ou “alfabetização computacional” no campo, no entanto, são restritos e estão correlacionados diretamente com a adoção dessas práticas pelos produtores (BRONSON, 2019).

Os dados do Censo Agro 2017 evidenciam essas limitações ao indicar que no Brasil 15% dos produtores declararam que nunca frequentaram escola, 14% frequentaram até o nível de alfabetização e 43%, no máximo, o nível Fundamental. Deste modo, 73% do total de produtores possuem, no máximo, o Ensino Fundamental por nível de escolaridade. Além disso, 23% declararam não saber ler e escrever (BRASIL, 2017). Soma-se a isso as evidentes limitações de infraestrutura digital já citadas na seção anterior e a falta de experiência com essas tecnologias emergentes (KAMILARIS; KARTAKOULLIS; PRENAFETA-BOLDÚ, 2017).

Desse modo, para capturarem todo o potencial de valor das práticas de agricultura inteligente, os produtores precisarão desenvolver novas habilidades e adquirir novos conhecimentos. Os serviços de consultoria e extensão rural serão ainda mais importantes durante essa transformação digital (AYRE *et al.*, 2019).

Os consultores, técnicos e especialistas também terão de desenvolver novas competências, pois passarão a lidar com um serviço digitalizado e voltado à análise de dados, quando serão os grandes facilitadores no processo (AYRE *et al.*, 2019; EASTWOOD

et al., 2019). As relações entre produtores e consultores também serão diferentes, pois, com os avanços das tecnologias de comunicação e informação, muitos processos serão feitos remotamente, distantes do campo de origem dos dados (EASTWOOD *et al.*, 2019).

Evidencia-se que uma maior coordenação de esforços de todo o “ecossistema” de interessados na popularização das práticas inovadoras de agricultura inteligente, será necessária. Iniciativas públicas e privadas serão fundamentais para o enfrentamento do desafio da qualificação das pessoas envolvidas nesse processo de transformação (PIVOTO *et al.*, 2018). Para que todos os interessados se engajem em torno desse desafio, as inseguranças e desconfianças para com essas práticas deverão ser esclarecidas.

Insegurança e Desconfiança

Apesar do crescente “consenso” de que práticas de agricultura inteligente possam ser benéficas aos produtores, ainda é expressiva entre eles a sensação de incerteza quanto à materialização dos ganhos na adoção dessas práticas e tecnologias (REGAN, 2019).

A distribuição de riscos e benefícios apresenta-se como uma insegurança (REGAN, 2019). Falta uma melhor compreensão de quem realmente assumirá os riscos nesses sistemas intensivos em tecnologias (REGAN, 2019) e, também, de quais os reais agentes irão capturar valor nesse novo cenário (JAKKU *et al.*, 2018; VAN DER BURG, BOGAARDT; WOLFERT, 2019).

Argumenta-se que poderá haver uma intensificação de desigualdades entre produtores e grandes corporações, ou entre grandes e pequenos produtores, mantendo relações desiguais de poder entre agricultores e grandes empresas (JAKKU *et al.*, 2018; REGAN, 2019; VAN DER BURG, BOGAARDT; WOLFERT, 2019). Tais incertezas e inseguranças podem gerar desconfiança dos produtores em relação à adoção dessas tecnologias e práticas.

Essa desconfiança também pode inibir a disposição dos agricultores em compartilhar dados (WISEMAN *et al.*, 2019). Muitos agricultores estão preocupados com a possibilidade de consultores ou empresas agrícolas obterem maior benefício financeiro de seus dados agrícolas, levando à crença de que há pouca reciprocidade nessa dinâmica, o que, por sua vez, reduz ainda mais a disposição dos agricultores em compartilhar dados (WISEMAN *et al.*, 2019).

A agricultura inteligente torna a propriedade dos dados gerados no campo bastante incerta. Se, por um lado, os agricultores pressupõem que eles são os proprietários dos dados primários à medida que os coletam em suas propriedades rurais, por outro os intermediários criam os algoritmos que permitem combinar e interpretar os dados de muitas propriedades, usando-os para gerar recomendações úteis sobre agricultura e, portanto, podem ser os proprietários dos dados computados (VAN DER BURG, BOGAARDT; WOLFERT, 2019).

Tal incerteza é o motor da falta de confiança em torno da propriedade dos dados que pode limitar a agricultura inteligente. Os produtores ainda apresentam relutância em compartilhar dados (JAKKU *et al.*, 2018; REGAN, 2019). Isso pode acontecer tanto pela desconfiança desses usuários quanto pela real utilização de seus dados disponibi-

lizados nessas plataformas e ferramentas (REGAN, 2019), como também pela ausência ainda generalizada de transparência e estruturas legais e regulatórias em torno de dados agrícolas (WISEMAN *et al.*, 2019).

Há igualmente uma preocupação com a possível rejeição de algumas tecnologias pelos consumidores. Ao menos parte dos consumidores poderiam oferecer resistência ao consumo de produtos oriundos de produções nanotecnológicas ou com intensificação de melhoramento genético (REGAN, 2019). Novas tecnologias “bioativas”⁷ na produção de alimentos suscitam preocupações específicas, relacionadas a efeitos imprevisíveis, uso descontrolado e questões éticas (FREWER *et al.*, 2011). A utilização de tecnologias intrusivas, como uso de drones, também podem ser malvistas por consumidores e vizinhos das propriedades (REGAN, 2019).

Evidencia-se, desta maneira, a necessidade urgente de maiores investimentos no sentido de deixar essas relações entre produtores, fornecedores de soluções e consumidores cada vez mais transparentes. Fica claro que esforços no sentido de regulamentar a coleta, tratamento e uso de dados agrícolas, oferecendo um ambiente menos incerto e mais seguro para os negócios, também serão necessários, assim como ações que visem a desmistificar tais práticas tanto para os produtores quanto para os consumidores.

Integração e Customização

Há a necessidade de maior integração entre as diferentes soluções e tecnologias que ainda estão muito desconectadas entre si e acabam limitando o processo de adoção por parte dos produtores (PIVOTO *et al.*, 2018). Quanto mais equipamentos e serviços o produtor necessitar adquirir, quanto mais tecnologias diferentes esse produtor tiver de dominar, menor será sua disposição em adotar tais práticas (FOUNTAS *et al.*, 2015; PIVOTO *et al.*, 2018).

Um dos fatores que impactam nessa desconexão entre as soluções é a falta de interoperabilidade (capacidade dos sistemas de trocar informações), que é agravada pela natureza fragmentada do cenário de dados da agricultura digital (JAKKU *et al.*, 2018).

O mercado procura por soluções padronizadas com interoperabilidade simples e coesa entre serviços e partes interessadas. As empresas estão demorando para criar sistemas compatíveis que permitem a comunicação e a transmissão de dados entre diferentes máquinas e implementos agrícolas ou diferentes sistemas de gerenciamento (PIVOTO *et al.*, 2018).

Existem também uma dificuldade em customizar essas ferramentas e soluções às diferentes necessidades dos produtores (O’GRADY; O’HARE, 2017). Há uma diversidade imensa de interações e contextos operacionais específicos entre os produtores rurais. Nessas condições, as soluções devem ser centralizadas nos diferentes usuários e nos diversos cultivares e espécies de animais, exigindo um nível adequado de personalização dos serviços (O’GRADY; O’HARE, 2017).

⁷ Tecnologias Bioativas utilizam substâncias naturais com atividade biológica que podem agregar valor a produtos agropecuários por intermédio de efeitos diversos associados às mudanças em comportamento, fisiologia ou metabolismo nos organismos (FREWER *et al.*, 2011).

O design centrado no usuário prevê que o usuário final seja parte integrante desde a concepção, desenvolvimento, até a avaliação de tecnologias inovadoras. Garantir que isso aconteça na prática, no entanto, pode ser um desafio, resultando em produtos que não atendem às necessidades específicas dos produtores em termos de usabilidade e funcionalidade (O'GRADY; O'HARE, 2017).

Evidencia-se a necessidade de as empresas que oferecem soluções de agricultura inteligente, sobretudo as *agtechs* (*startups* do agronegócio), somarem esforços visando à maior integração entre suas soluções, promovendo maior interoperabilidade entre sistemas e buscando mais personalização dessas ferramentas em relação às múltiplas realidades dos produtores. A falta de integração entre as soluções e as dificuldades na customização dessas ferramentas impactam nas necessidades de capital e crédito para a realização de práticas de agricultura inteligente.

Capital e Crédito

Conforme supracitado, as práticas de agricultura inteligente exigem investimentos em infraestrutura digital, qualificação e tecnologias. Muitas dessas tecnologias ainda são onerosas e proibitivas para parte dos produtores (VAN DER BURG, BOGAARDT; WOLFERT, 2019). Pode haver, ainda, um risco financeiro significativo incorrido na instituição de práticas de agricultura inteligente pelo eventual aumento de despesas envolvidas na compra e instalação de algumas dessas tecnologias (REGAN, 2019).

Existe também a preocupação de que apenas grandes produtores possam pagar os custos de acesso às informações e bases de dados, e isso ainda é financeiramente inviável para produtores de pequena escala, sobretudo nos países em desenvolvimento (VAN DER BURG, BOGAARDT; WOLFERT, 2019). Permanece a sensação de que apenas um pequeno número de agricultores de elite estaria em posição de investir nessas tecnologias (REGAN, 2019).

De fato, os custos podem afetar desproporcionalmente operações menores e menos intensivas, mais vulneráveis ao risco financeiro (BRONSON, 2019). Regan (2019), no entanto, sugere que é muito provável que, com o tempo, algumas dessas tecnologias se tornariam inevitavelmente mais baratas. Acrescenta-se que novos modelos de negócio com provedores terceirizados de serviços e tradicionais meios coletivos de organização, como associativismo e cooperativismo, possam também facilitar o acesso de empreendimentos agrícolas de menor porte a essas tecnologias e práticas (REGAN, 2019).

Em todo caso, mesmo que essas práticas coexistam num *continuum*, que vai desde tecnologias mais acessíveis para pequenas operações até combinações mais robustas de soluções, que exigem maior dispêndio de capital na efetivação (REGAN, 2019), o fato é que, para a popularização dessas práticas, sobretudo para atingir os pequenos produtores, subsídios, linhas de crédito específicas e outros esforços relacionados, provavelmente serão indispensáveis (YOON; LIM; PARK, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi identificar os principais desafios a serem superados para a popularização das práticas de agricultura inteligente. Por intermédio de uma revisão sistemática integrativa, de publicações disponíveis em bases de dados nacionais e internacionais, foi possível identificar vários fatores que influenciam nesse processo de popularização.

Os resultados mostram que os principais desafios para a popularização das práticas de agricultura inteligente são: (1) Infraestrutura Digital, (2) Qualificação, (3) Insegurança e Desconfiança, (4) Integração e Customização e (5) Capital e Crédito.

Esses desafios influenciam-se mutuamente e as soluções passam por iniciativas coletivas entre poder público e privado. Para, por exemplo, ampliar a cobertura de internet para cerca de 90% das propriedades brasileiras, seria necessário instalar em torno 16 mil antenas de transmissão em um investimento estimado em 8 bilhões de reais (ZAPAROLLI, 2020). Soluções alternativas, como uso de canais livres de TV (DAVID, 2017), emprego de infraestruturas de conexão já existentes, como antenas retransmissoras de postos policiais e redes de fibra ótica, que podem ser compartilhadas com linhas de transmissão de energia (ZAPAROLLI, 2020), são fundamentais para enfrentar o desafio da infraestrutura digital e, indiretamente, os demais desafios.

Mais iniciativas, como a da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (Abimaq), serão necessárias para resolver o desafio da falta de integração entre as soluções tecnológicas disponíveis no mercado. A proposta da associação envolve a criação do Banco de Dados Colaborativo do Agricultor (BDCA), uma ferramenta de *big data* em nuvem que armazenará os dados obtidos pelos diversos equipamentos, em que um *software* adapta e padroniza a linguagem (ZAPAROLLI, 2020).

Pesquisas que se aprofundem nessas e em cada uma das questões destacadas como desafiadoras no contexto da popularização das práticas de agricultura inteligente, são necessárias para que os benefícios potenciais desse novo modelo de propriedade rural inteligente sejam capturados por todas as cadeias produtivas, deixando o agronegócio cada vez mais produtivo, eficiente, intensivo em dados e conhecimentos e, principalmente, sustentável.

Este estudo possui limitações relativas à falta de publicações nacionais sobre a temática. A realidade brasileira pode esconder outras externalidades não abordadas na amostra de artigos selecionada. Novas pesquisas que explorem as especificidades do contexto brasileiro são necessárias.

Em relação à sustentabilidade dessas práticas, a literatura consultada apresenta evidências empíricas sobre os aspectos econômicos e ambientais, mas poucas evidências sobre os possíveis conjuntos de benefícios e malefícios pela perspectiva social. Tal fato evidencia a necessidade de maiores esforços visando à compreensão desse fenômeno pela ótica social.

Estudos futuros, que se debrucem em alternativas para a falta de conectividade nas áreas rurais, em novos modelos de educação no campo e em sistemas de extensão rural adaptados à digitalização, são imprescindíveis nesse contexto. Novas pesquisas que subsidiem regulamentações de dados agrícolas e políticas de microcrédito e finan-

ciamento de soluções de agricultura inteligente, são fundamentais para a popularização dessas práticas. A busca por padronização de linguagem e integração entre diferentes soluções também se demonstra como um campo de pesquisa promissor.

REFERÊNCIAS

- ASSENG, Senthold; ASCHE, Frank. Future farms without farmers. *Science Robotics*, v. 8, n. 27, p. 1-2, 13 fev. 2019. Disponível em: <https://robotics.sciencemag.org/content/4/27/eaaw1875.full>. Acesso em: 4 jul. 2019.
- AYRE, Margaret *et al.* Supporting and practising digital innovation with advisers in smart farming. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, v. 90-91, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1573521418302355>. Acesso em: 16 set. 2020.
- BRASIL. IBGE. *Censo Agro 2017*. 2017. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf. Acesso em: 7 abr. 2020.
- BOTELHO, Louise Lira Roedel; DE ALMEIDA CUNHA, Cristiano Castro; MACEDO, Marcelo. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. *Gestão e Sociedade*, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011. Disponível em: <https://www.gestaoesociedade.org/gestaoesociedade/article/view/1220>. Acesso em: 16 set. 2020.
- BOURSIANIS, Achilles D. *et al.* Internet of Things (IoT) and Agricultural Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in Smart Farming: A Comprehensive Review. *Internet of Things*, p. 100.187, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660520300238>. Acesso em: 16 set. 2020.
- BRONSON, Kelly. Looking through a responsible innovation lens at uneven engagements with digital farming. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, v. 90-91, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1573521418302173>. Acesso em: 16 set. 2020.
- CARRION, Patricia; QUARESMA, Manuela. Internet da Coisas (IoT): definições e aplicabilidade aos usuários finais. *Human Factors in Design*, v. 8, n. 15, p. 049-066, 2019. Disponível em: [https://www.semanticscholar.org/paper/Internet-da-Coisas-\(IoT\)%3A-Defini%C3%A7%C3%B5es-e-aos-usu%C3%A1rios-Carrion-Quaresma/c109f4f4917c8a16c580e2db242d481ebb61b5a3](https://www.semanticscholar.org/paper/Internet-da-Coisas-(IoT)%3A-Defini%C3%A7%C3%B5es-e-aos-usu%C3%A1rios-Carrion-Quaresma/c109f4f4917c8a16c580e2db242d481ebb61b5a3). Acesso em: 16 set. 2020.
- COLEZEA, Madalin *et al.* CLUEFARM: Integrated web-service platform for smart farms. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 154, p. 134-154, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169917305112>. Acesso em: 16 set. 2020.
- DA SILVA, Aricio Medeiros; SILVA, Natanael Almeida Santos; FORTES, Denise Xavier. Adoção de gestão do conhecimento e big data na saúde pública. *Revista Científica da Fasete*, p. 347, 2018. Disponível em: https://www.unirios.edu.br/revistarios/media/revistas/2018/15/adocao_de_gestao_do_conhecimento_e_big_data_na_saude_publica.pdf. Acesso em: 16 set. 2020.
- DAVID, Salomão. TV white spaces para o acesso à banda larga nas zonas rurais de Moçambique. 2017. *Politics*, Instituto Nupef. Disponível em: <https://www.politics.org.br/edicoes/tv-white-spaces-para-o-acesso-%C3%A0-banda-larga-nas-zonas-rurais-de-mo%C3%A7ambique-estudo-de-caso>. Acesso em: 2 jun. 2020.
- EASTWOOD, Callum *et al.* Making sense in the cloud: Farm advisory services in a smart farming future. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, v. 90-91, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1573521418302124>. Acesso em: 16 set. 2020.
- FREWER, Lynn J. *et al.* Consumer response to novel agri-food technologies: Implications for predicting consumer acceptance of emerging food technologies. *Trends in Food Science & Technology*, v. 22, n. 8, p. 442-456, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092422441100094X>. Acesso em: 16 set. 2020.
- FOUNTAS, Spyros *et al.* Farm management information systems: Current situation and future perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 115, p. 40-50, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169915001337>. Acesso em: 16 set. 2020.
- JAKKU, Emma *et al.* "If they don't tell us what they do with it, why would we trust them?" Trust, transparency and benefit-sharing in Smart Farming. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, v. 90-91, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1573521418301842>. Acesso em: 16 set. 2020.
- JUNIOR, Flavio Hourneaux *et al.* Análise dos stakeholders das empresas industriais do Estado de São Paulo. *Revista de Administração*, v. 49, n. 1, p. 158-170, 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-21072014000100013&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 16 set. 2020.

- KAMILARIS, Andreas; KARTAKOULLIS, Andreas; PRENAFETA-BOLDÚ, Francesc X. A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 143, p. 23-37, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169917301230>. Acesso em: 16 set. 2020.
- MCCARTHY, Breda; LIU, Hong-Bo; CHEN, Tingzhen. Innovations in the agro-food system: adoption of certified organic food and green food by Chinese consumers. *British Food Journal*, v. 118, n. 6, p. 1.334-1.349, 2016. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/BFJ-10-2015-0375/full/html>. Acesso em: 16 set. 2020.
- MUANGPRATHUB, Jirapond et al. IoT and agriculture data analysis for smart farm. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 156, p. 467-474, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169918308913>. Acesso em: 16 set. 2020.
- MUSAT, George-Alexandru et al. Advanced services for efficient management of smart farms. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, v. 116, p. 3-17, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0743731517302939>. Acesso em: 16 set. 2020.
- O'GRADY, Michael J.; O'HARE, Gregory M. P. Modelling the smart farm. *Information processing in agriculture*, v. 4, n. 3, p. 179-187, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214317316301287>. Acesso em: 16 set. 2020.
- PHAM, Xuan; STACK, Martin. How data analytics is transforming agriculture. *Business Horizons*, v. 61, n. 1, p. 125-133, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681317301325#:~:text=Agriculture%20is%20undergoing%20a%20tremendous,interactions%20among%20friends%20and%20foes>. Acesso em: 16 set. 2020.
- PIVOTO, Dieisson et al. Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. *Information Processing in Agriculture*, v. 5, n. 1, p. 21-32, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214317316301184>. Acesso em: 16 set. 2020.
- RANA, Jyoti; PAUL, Justin. Consumer behavior and purchase intention for organic food: A review and research agenda. *Journal of Retailing and Consumer Services*, v. 38, p. 157-165, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969698917301078>. Acesso em: 16 set. 2020.
- REGAN, Áine. "Smart farming" in Ireland: A risk perception study with key governance actors. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, v. 90-91, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1573521418302100>. Acesso em: 16 set. 2020.
- SAATH, Kleverton Clovis de Oliveira; FACHINELLO, Arlei Luiz. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. *Rev. Econ. Sociol. Rural*, Brasília, v. 56, n. 2, p. 195-212, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032018000200195. Acesso em: 16 set. 2020.
- SANCHEZ, Otavio Prospero; CAPPELLOZZA, Alexandre. Antecedentes da adoção da computação em nuvem: efeitos da infraestrutura, investimento e porte. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 16, n. 5, p. 646-663, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-65552012000500002&lang=pt. Acesso em: 16 set. 2020.
- VAN DER BURG, Simone; BOGAARDT, Marc-Jeroen; WOLFERT, Sjaak. Ethics of smart farming: Current questions and directions for responsible innovation towards the future. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, v. 90-91, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1573521418301490>. Acesso em: 16 set. 2020.
- WISEMAN, Leanne et al. Farmers and their data: An examination of farmers' reluctance to share their data through the lens of the laws impacting smart farming. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, v. 90-91, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1573521418302616>. Acesso em: 16 set. 2020.
- WOLFERT, Sjaak et al. Big data in smart farming – a review. *Agricultural Systems*, v. 153, p. 69-80, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X16303754>. Acesso em: 16 set. 2020.
- YOON, Cheolho; LIM, Dongsup; PARK, Changhee. Factors affecting adoption of smart farms: The case of Korea. *Computers in Human Behavior*, v. 108, p. 106-309, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0747563220300637?via%3Dihub>. Acesso em: 16 set. 2020.
- ZAPAROLLI, Domingos. Agricultura 4.0. 2020. *Revista Fapesp*. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/agricultura-4-0/>. Acesso em: 2 jun. 2020.

ZHAI, Zhaoyu *et al.* Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 170, p. 105-256, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169919316497>. Acesso em: 16 set. 2020.

ZHANG, Biao *et al.* Consumers' perceptions, purchase intention, and willingness to pay a premium price for safe vegetables: A case study of Beijing, China. *Journal of cleaner production*, v. 197, p. 1.498-1.507, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618319322#:~:text=The%20results%20showed%20that%20food,of%20safe%20vegetables%20for%20consumers.&text=Furthermore%2C%2067.6%25%20of%20consumers%20were,premium%20price%20for%20safe%20vegetables>. Acesso em: 16 set. 2020.