



PERSPECTIVAS E DESAFIOS DA AGRICULTURA 4.0 PARA O SETOR AGRÍCOLA

PERSPECTIVES AND CHALLENGES OF AGRICULTURE 4.0 FOR THE AGRICULTURAL SECTOR

Fernanda Cigainski Lisbinski¹, Diego Durante Mühl², Leticia de Oliveira³, Daniel Arruda Coronel⁴

Resumo

A Agricultura 4.0 surge como uma analogia a indústria 4.0, também chamada de Quarta Revolução Industrial. Assim, a Agricultura 4.0 consiste na conectividade da rede interna e externa das operações agrícola as e na integração dessas informações em uma mesma plataforma, possibilitando a tomada de decisão em tempo real. Porém, por se tratar de um fenômeno emergente e multidisciplinar existem muitas controvérsias a respeito desse tema e dos impactos que a aplicação dessas tecnologias causará na agricultura. Diante disso, o objetivo deste trabalho é verificar o que é a Agricultura 4.0 e quais são as perspectivas e desafios desse modelo produtivo. O método utilizado é a revisão de literatura. Dentre as perspectivas da agricultura 4.0 está a melhoria do rendimento, da qualidade, da sustentabilidade e das condições de trabalho. Alguns desafios proeminentes são aumentar a produção de alimentos, investir em infraestrutura, evitar a perda da biodiversidade. Essa reflexão contribuiu com a ciência e com o agronegócio ao apresentar pontos críticos que merecem a atenção de pesquisadores, governos e agricultores diante do fenômeno da agricultura 4.0.

Palavras-chave: Agronegócio; Agricultura 4.0; Tecnologia; Conectividade.

Abstract

Agriculture 4.0 emerges as an analogy to Industry 4.0, also called the Fourth Industrial Revolution. Thus, Agriculture 4.0 consists of the connectivity of the internal and external network of agricultural operations and the integration of this information into the same platform, enabling real-time decision making. However, because it is an emerging and multidisciplinary phenomenon, there are many controversies regarding this theme and the impacts that the application of these technologies will have on agriculture. Therefore, the objective of this work is to verify what are the Agriculture 4.0 and what are the perspectives and challenges of this productive model. The method used is the literature review. Among the prospects of agriculture 4.0 is the improvement of income, quality, sustainability and working conditions. Some prominent challenges are increasing food production, investing in infrastructure, avoiding biodiversity loss. This reflection contributed to science and agribusiness by presenting critical points that deserve the attention of researchers, governments and farmers in the face of the phenomenon of agriculture 4.0.

Keywords: Agribusiness; Agriculture 4.0; Technology; Connectivity.

1 Introdução

A história da produção, em um primeiro momento, surge na Era Artesanal, período no qual os produtos eram elaborados pelo artesão, que detinha a tecnologia e o conhecimento necessários para a fabricação dos bens. Posteriormente, com o aperfeiçoamento da máquina a vapor por James Watt no século XVIII, a sociedade estava diante da sua Primeira Revolução Industrial, a qual provocou aumento expressivo na produtividade e expansão das cidades. Em 1850 com a eletricidade e a linha de produção criada por Henry Ford ocorre a Segunda

¹Administradora e Advogada, especialista em Gestão Pública e Mestranda em Economia e Desenvolvimento/ Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – fernandacl32@hotmail.com.

²Administrador e Mestrando em Agronegócio/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)- diegomihl@live.com

³ Administradora e Doutora em Agronegócios. Docente no Departamento de Economia e Relações Internacionais e no Programa de Pós Graduação em Agronegócios/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul - leticiaoliveira@ufrgs.br

⁴ Economista, Mestre e Doutor em Economia. Docente no Departamento de Economia e Relações Internacionais/ Universidade Federal de Santa Maria - daniel.coronel@uol.com.br



Revolução Industrial, proporcionando o início da produção em massa. Após a Segunda Guerra Mundial, tem-se a Terceira Revolução Industrial com o descobrimento da robótica e o uso de computadores nas estruturas industriais. Todas essas tecnologias proporcionaram melhor aproveitamento dos recursos naturais e da mão de obra, ocasionando a eficiência do sistema produtivo, e, conseqüentemente, o aumento da produtividade (MUHURI; SHUKLA; ABRAHAM, 2019. PEINALDO e GRAEML, 2007).

Diante do cenário da globalização, em que as firmas buscam a obtenção de vantagens competitivas se diferenciando de seus concorrentes, emerge a chamada Quarta Revolução Industrial, marcada pela Indústria 4.0 (SCHWAB, 2016). A indústria 4.0 apresenta novas tecnologias oriundas dos processos de mecanização, eletricidade e tecnologias da informação que possibilitam melhorar a competitividade, aumentar a produção e reduzir custos (CREWS, 2019; KAGERMANN, 2013). Schwab (2016, p. 1) se refere a indústria 4.0 como o “início de uma revolução que está mudando fundamentalmente a forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos um com o outro”.

Esse fenômeno se caracteriza pela fusão entre o mundo virtual e o mundo real, representado pelos sistemas *ciberfísicos* e por tecnologias como: Internet das coisas, *big data*, computação em nuvem, robótica avançada, inteligência artificial, manufatura aditiva (impressão 3D), manufatura híbrida (funções aditivas e de usinagem em uma mesma máquina) (MUHURI; SHUKLA; ABRAHAM, 2019. KAGERMANN, 2013). Destaca-se que essa revolução tecnológica possibilitou avanços não somente no sistema fabril, mas também em outros setores, como na agricultura. Dessa forma, o conceito da Agricultura 4.0 (Agro 4.0), ou a chamada Agricultura Digital, surge a partir da Indústria 4.0 (ANDERL, et al.; 2015).

A Agricultura 4.0 utiliza métodos computacionais de alto desempenho, rede de sensores, comunicação máquina para máquina, conectividade entre dispositivos móveis, computação em nuvem, métodos e soluções analíticas que processam grandes volumes de dados e constroem sistemas de suporte à tomada de decisões. Além disso, contribui com o aumento dos índices de produtividade, da eficiência do uso de insumos, da redução de custos de mão de obra, melhoria da qualidade do trabalho e a segurança dos trabalhadores e diminuição dos impactos ao meio ambiente. Inclui a agricultura e pecuária de precisão, automação e robótica agrícola, além de técnicas de *big data* e a Internet das Coisas (MASSRUHÁ E LEITE, 2017; YAHYA, 2018).

Neste contexto, a agricultura 4.0 provém da convergência de diversas tecnologias de áreas distintas, sendo um conceito muito incipiente e um fenômeno transdisciplinar bastante desconhecido. Ainda não se sabe ao certo qual direção tomará a agricultura, a produção de alimentos e quais serão os impactos econômicos e sociais decorrentes dessa dinâmica de inovação (EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2018). A literatura atual sobre a temática apresenta questões mais específicas e não aborda o fenômeno da agricultura 4.0 e seus desdobramentos numa perspectiva holística.

Para Kupfer (2016) o debate sobre a indústria 4.0 ainda é muito tímido, restrito a alguns seminários e a poucas iniciativas de governo ou associações de classe, revelando a pequena prioridade que vem sendo conferida a esse conjunto de novas técnicas, demonstrando a importância de debater este assunto em âmbito acadêmico.

Diante do exposto, este trabalho aborda o fenômeno da agricultura 4.0, as perspectivas e desafios do setor agrícola nessa nova dinâmica da agricultura. O objetivo deste artigo é compreender a Agricultura 4.0, o porquê desse fenômeno existir. Especificamente, pretende-se: delinear a evolução da Agricultura 4.0; apresentar as principais vantagens, ou seja, a força propulsora desse fenômeno, e finalmente; destacar os principais desafios envolvidos nessa dinâmica.



O método utilizado para o desenvolvimento da presente pesquisa é a revisão de literatura, buscando fundamentá-la por meio de artigos científicos publicados em livros, periódicos e outros.

É preciso refletir sobre os impactos e as vantagens da utilização da tecnologia nas atividades agrícolas. O aumento da produção e os ganhos de qualidade provocados pela Agricultura 4.0 justificam a discussão acadêmica dessa temática. A ciência e o debate acadêmico no Brasil devem evidenciar o tema devido a posição estratégica da agricultura brasileira perante o resto do mundo.

A agricultura apresenta grande representatividade na economia brasileira. O agronegócio é responsável por 21,4% do PIB - Produto Interno Bruto – do Brasil, somente o segmento agrícola movimenta R\$ 1,06 trilhão, enquanto a pecuária movimenta R\$ 494,8 bilhões. Sendo assim, o ramo agrícola é uma das principais bases da economia do país, responsável pelo equilíbrio da balança comercial (CNA – CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL, 2020).

Os investimentos em melhorias tecnológicas da atividade agrícola contribuem para a diferenciação da produção e ampliam a capacidade de inovação de toda a cadeia produtiva, favorecendo a competitividade do setor, por meio da especialização e de novas demandas tecnológicas (HENG, 2014; SIPSAS et. al., 2016; DRATH, HORCH, 2014).

Este trabalho encontra-se estruturado em quatro seções: Introdução; Discussão sobre o fenômeno da Agricultura 4.0; principais desafios desse novo modelo produtivo; Conclusões questões que devem ser aprofundadas em estudos futuros.

2 Referencial Teórico

A tecnologia empregada no campo foi condição determinante para que a agricultura alcançasse sua posição atual. A revolução da tecnologia agrícola teve início com a Agricultura 1.0 com potência animal; posteriormente a Agricultura 2.0 foi definida pelo motor de combustão; passando para a Agricultura 3.0 com os sistemas de orientação e agricultura de precisão, a partir da disponibilização dos sinais de GPS para uso do público. Já a Agricultura 4.0 representa a interação digital das atividades agrícolas com a integração de informações em todos os setores e processos agrícolas. O emprego de tecnologia na agricultura reduz as incertezas que envolvem a cadeia de produção agroalimentar (ZAMBON, et. al., 2019).

Segundo o CEMA (2017) - Associação Europeia de Máquinas Agrícolas (*European Agricultural Machinery Association*) - um novo impulso na Agricultura de Precisão foi observado no início de 2010, resultado da evolução de várias tecnologias como: sensores e atuadores baratos e aprimorados; microprocessadores de baixo custo; comunicação celular de banda larga; sistemas de TIC (Tecnologia de Informação e Comunicação) baseados em nuvem, e; análise de *big data*.

Assim, a agricultura 4.0 pode ser compreendida como um fenômeno que emerge da aplicação de tecnologias como *big data*, a internet das coisas, a robótica, os sensores, a impressão 3D, a integração de sistemas, a conectividade ubíqua, a inteligência artificial, o aprendizado de máquina, entre outras tecnologias, aplicados à agricultura e nas cadeias de abastecimento de alimentos, fibras e bioenergia. O aumento da produtividade, da lucratividade e a ecoeficiência produtiva justificam o uso dessas tecnologias na agricultura (KLERKX; JAKKU; LABARTHE, 2019; ROSE; CHILVERS, 2018).

Novas tecnologias se ajustam como recursos padrão de tratores, colheitadeiras e outros equipamentos que passam a contar com dispositivos de controle inteligente (computadores de bordo); Sensores para a operação da máquina e o processo agrônomico; avançados recursos de automação (orientação, colocação de sementes, pulverização, etc.), e; Tecnologia de comunicação (telemática) incorporada ao veículo.



As operações agrícolas compõem uma rede integrada de informações. Existem informações em formato digital para todos os setores e processos agrícolas; a comunicação com parceiros externos, fornecedores ou clientes, também é realizada eletronicamente; e a transmissão, processamento e análise de dados são (em grande parte) automatizados. Softwares possibilitam o manuseio de grandes volumes de dados (CEMA, 2017, p. 9).

Para Weltzien (2016), a agricultura 4.0 é composta por sistemas complexos, mas intuitivos ou fáceis de operar. A tecnologia possibilita aplicar insumos, pesticidas, herbicidas, fungicidas, etc. com maior assertividade, essa característica propulsiona a aplicação de novas tecnologias na agricultura porque reduz custos enquanto aumenta a produtividade.

Assim, o fenômeno da agricultura 4.0 pode ser compreendido como uma aplicação massiva de tecnologias digitais na produção de alimentos e outros produtos agrícolas. A força propulsora dessa dinâmica é o ganho de eficiência que a aplicação de tecnologia promove. Portanto, esse fenômeno existe porque o ser humano deseja produzir mais, com menos esforço, de acordo com as limitações ambientais às quais está sujeito.

3 Procedimentos Metodológicos

O presente artigo utilizou-se da pesquisa bibliográfica para apresentar o conceito da Agricultura 4.0, bem como as suas vantagens e desafios a serem enfrentados. O método de abordagem utilizado nesta pesquisa foi o dedutivo, o qual se baseia em argumentos gerais para chegar a determinadas conclusões específicas. O método de pesquisa aplicado foi a pesquisa indireta bibliográfica, utilizando livros, periódicos e sites que abordam o tema Agricultura 4.0 e demais assuntos pertinentes à pesquisa.

Segundo Lakatos e Marconi (2019) a pesquisa bibliográfica é aquela baseada em textos, provindos de artigos científicos, livros, enciclopédias, ensaios críticos, jornais, revistas e outros. Nesta pesquisa, os artigos científicos constituem o primeiro foco dos pesquisadores, porque neles estão disponíveis o conhecimento científico atualizado. Nos livros, estão os de leitura corrente, cujo objetivo é a leitura refletida, realizada com o propósito de tomada de notas, realização de resumos, discussão etc.; e os de referência, que se tratam de livros de consulta, como enciclopédias, dicionários e relatórios de determinadas instituições, como Banco Central.

Após a apresentação da parte conceitual, faz-se uma análise das vantagens e desafios da Agricultura 4.0.

4 Análise e Discussão dos Resultados

Vários são os benefícios proporcionados pela agricultura 4.0, integração de todas as informações em um único local, em uma mesma plataforma, possui um foco estratégico para planejar com antecedência a próxima safra, oferecendo benefícios econômicos e ambientais. O monitoramento do solo permite tomar ações corretivas precoces que evitam a deterioração, erosão e perda de características químicas da terra (ZAPAROLLI, 2020).

A água, os fertilizantes e pesticidas, que são comumente aplicados de maneira uniforme na área cultivada, podem ser aplicados com maior especificidade. Torna-se possível aplicar quantidades mínimas de insumos o que reduz a demanda por recursos naturais e o impacto ambiental com margens para o aumento da produtividade. Chamam a atenção outras inovações como: impressão 3D de alimentos, cultivo de carne, modificação genética e sistemas de irrigação com água do mar. Algumas dessas tecnologias em estágio inicial prometem viabilizar o cultivo de alimentos em áreas áridas ou a utilização de recursos abundantes e limpos como é o caso do sol e da água do mar (CLERCQ; VATS; BIEL, 2018).

Para Zambon et. al. (2019) a agricultura digital interconecta diferentes tecnologias destinadas a melhorar o rendimento e a sustentabilidade das culturas, melhora as condições de



trabalho e a qualidade da produção e processamento. Por meio da análise cruzada de fatores ambientais, climáticos e culturais pode-se estabelecer quais são as necessidades nutricionais e de irrigação das culturas, prevenir patologias e identificar ervas daninhas antes que elas proliferem; e, conseqüentemente, é possível intervir de maneira direcionada, economizando recursos materiais e temporais e levando a outras intervenções efetivas, que têm impacto positivo na qualidade e sustentabilidade da produção agrícola. Dessa forma, o benefício é, portanto, qualitativo e quantitativo.

Com o uso dessas tecnologias, as fazendas podem alcançar uma economia de cerca de 30% nos insumos produtivos, com um aumento na produção de aproximadamente 20%. Por outro lado, obtêm produtos de maior qualidade e sem resíduos de produtos químicos, estabelecendo o tempo mais adequado para a colheita de acordo com a necessidade da cadeia de fornecimento. É possível rastrear e certificar produtos do campo para a indústria de processamento, estabelecer cadeias de suprimentos curtas, obter produtos de mais alta qualidade e criar eficiência não apenas nos processos de produção, mas também na troca de bens e informações entre os diferentes atores da cadeia de valor (ZAMBON, et. al., 2019).

Segundo Kovács e Husti (2018), o uso de identificação por radiofrequência, tecnologia por sensores, tecnologia de redes de sensores e comunicação entre redes pode melhorar a eficiência de todas as cadeias de suprimento do agronegócio, antes da porteira e depois da porteira com incorporação dos quatro elos da cadeia industrial da internet das coisas, a saber: Identificação, detecção, processamento e entrega de informações.

Além da introdução de novas ferramentas e práticas, a revolução 4.0 provoca o aumento da produtividade e reside na capacidade de coletar, usar e trocar dados remotamente. Uma transformação importante está na capacidade de coletar dados e medição sobre a produção, como: qualidade do solo, níveis de irrigação, clima e presença de insetos e pragas. Esses dados são obtidos por meio de sensores implantados em tratores e implementados diretamente no campo e no solo ou pelo uso de drones ou imagens de satélite (BONNEAU, et al. 2017).

A tecnologia pode melhorar a agricultura e gerar praticidade na execução de tarefas rotineiras, pode levantar dados e gerar informações que otimizam o planejamento da produção e reduzem as perdas, favorecendo a competitividade no mercado internacional e possibilitando maior cuidado com o meio ambiente. Os benefícios da adoção da agricultura digital se refletem: no planejamento, na produção, no manejo, na colheita, no acesso ao mercado, na comercialização, no transporte, enfim em todas as dimensões do agronegócio.

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas – ONU – (2017) a população mundial está crescendo. Estima-se que nas próximas décadas a população mundial deverá crescer 33% e em 2050 chegar a quase 10 bilhões de pessoas. Em um cenário de crescimento econômico modesto, esse crescimento populacional aumentará a demanda por alimentos em aproximadamente 50%, em comparação à produção agrícola do ano de 2013. Além disso, a dieta global também está mudando, como resultado de mudanças demográficas. Há uma demanda crescente por proteína animal de alto valor para além do crescimento natural da população, uma tendência impulsionada pela urbanização e aumento da renda (CLERCQ, VATS e BIEL, 2018).

O aumento do número de pessoas nas cidades provocará maior demanda, e essa demanda implica em maior produção de alimentos ou aumento dos preços o que pode gerar sérios problemas sociais. Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO – (2019) os agricultores terão que produzir 70% mais alimentos até 2050. E esse alimento precisará ser adaptado às necessidades de uma crescente população urbana, um fator que abrange toda a cadeia de valor do agronegócio.

Por outro lado, é preciso promover segurança alimentar num sistema econômico e ambientalmente sustentável. Um estudo conduzido nos Estados Unidos apontou que a adoção de tecnologias na agricultura vem aumentando a produtividade e embora tecnologias e sistemas



voltados a conservação sejam capazes de reduzir impactos negativos no solo e na água ainda existe um aumento da especialização, da complexidade, somados a uma maior demanda de insumos e recursos não renováveis (SASSENATH *et al.*, 2008).

O consumo de recursos não renováveis inclui a problemática da atual matriz energética de origem fóssil. Os impactos ambientais, o aumento da demanda por energia e a crescente dificuldade de extração dos combustíveis fósseis pressionam no sentido da utilização de biocombustíveis. A primeira controvérsia ao uso de biocombustíveis é a utilização concorrente da terra para produção de alimentos ou biocombustíveis o que pode pressionar o valor dos alimentos com um grande impacto ao consumo das pessoas marginalizadas, especialmente no sul global (TOMEI; HELLIWELL, 2016).

Sendo assim, é necessário que a tecnologia aumente a produtividade no campo, reduzindo os desperdícios e os custos, agregando valor aos produtos. Para Massruhá (2015) um dos desafios da Agricultura 4.0 é produzir mais na mesma área, não expandindo muito, conservando mais e mantendo a agricultura num patamar sustentável. Dessa forma, o aumento da produtividade de forma sustentável, abastecendo o mercado, garantindo acesso da população à alimentação em quantidade e qualidade satisfatória representa o desafio da Agricultura. Em síntese, a agricultura 4.0 precisará aumentar a produção de alimentos e talvez de energia de forma sustentável.

A conectividade é fundamental para a migração da agricultura de precisão para uma agricultura digital. Roberto Rodrigues (2019), coordenador do Centro de Agronegócios da Fundação Getúlio Vargas, afirma que a Agricultura 4.0 já é uma realidade no Brasil, porém não integralmente cumprida. Alguns temas como nanotecnologia e biotecnologia estão avançando, o que vêm potencializando ganhos ao produtor rural. Porém, a conectividade ainda é um desafio que impacta a qualidade e a rápida adoção da Agricultura digital no país, o que dificulta a conexão com satélites, GPS e o acesso ao banco de informações (RODRIGUES, 2019).

Rodrigues (2019) acrescenta que falta maior cobertura de conexão do território nacional, o que dificulta o acesso até mesmo à internet, e, portanto, é um dos limitantes para o avanço dos aplicativos móveis no meio rural. Além disso, o avanço da tecnologia tendem a chegar mais tarde aos economicamente menos privilegiados, em primeiro momento não atende os pequenos agricultores, o que acelera o processo de crescimento da desigualdade social.

É preciso salientar que o sucesso produtivo do agronegócio brasileiro não se refletiu em termos sociais. O Brasil tem antigos problemas que ainda não foram superados, apresenta um dos maiores índices de concentração fundiária do mundo, apesar de três décadas de reforma agrária, situação que causa impactos sociais e ambientais bastante negativos (ROBLES, 2018; WILKINSON; REYDON; SABBATO, 2012).

As novas tecnologias são capazes de aumentar os rendimentos, reduzir custos e danos nas plantações, minimizar o uso de água, combustível e fertilizantes (YAHYA, 2018). A adoção de novas tecnologias pode criar vantagens comparativas, para além das vantagens de ganhos de escala das grandes empresas agrícolas, e pode criar uma concorrência capaz de inviabilizar algumas atividades nas pequenas propriedades rurais. Nesse caso, a agricultura familiar pode não se adaptar a nova dinâmica causando uma aceleração no processo de concentração fundiária e de renda. Essas pessoas acabariam a margem das cadeias agroalimentares mundiais, fato que poderia colocar em risco a segurança alimentar de muitas pessoas, principalmente, de países do sul global (TOMEI; HELLIWELL, 2016).

A tecnologia aumenta a competitividade do setor agrícola, por meio da especialização e de novas demandas tecnológicas (HENG, 2014; SIPSAS *et. al.*, 2016; DRATH, HORCH, 2014). Porém, a atual especialização da agricultura, a monocultura, não é tão eficiente quanto os sistemas agrícolas diversificados no que diz respeito ao suporte da biodiversidade, à manutenção da qualidade do solo, ao sequestro de carbono, à retenção de água, à eficiência energética, à resistência e resiliência às mudanças climáticas. Até mesmo a produtividade média



de sistemas agrícolas diversificados se aproxima dos sistemas especializados, mas com menor impacto ambiental, social e manutenção da biodiversidade com seus serviços ecossistêmicos (KREMEN; MILES, 2012; TILMAN et al., 2001).

O processo de especialização torna-se tão forte que analisando a competitividade dos principais produtos do agronegócio brasileiro frente ao resto do mundo percebe-se que a competitividade se concentra fortemente apenas em alguns produtos como a soja e as carnes (VIEIRA; BUAINAIN; FIGUEIREDO, 2016). Como exemplo pode-se citar a cadeia tritícola brasileira que não possui vantagens comparativas e competitivas em relação a cadeia de trigo argentino, que produz com custo operacional menor e isenção em alguns insumos, assim o Brasil torna-se importador de um dos mais populares alimentos consumidos (BRUM; MÜLLER, 2008; JESUS JUNIOR; RODRIGUES; MORAES, 2011).

Segundo Silvio Crestana, pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, a independência e a soberania de um país, atualmente, estão na capacidade de proporcionar segurança alimentar, energética e cibernética, o mundo atual transpõe barreiras físicas. O pesquisador destaca que a atual guerra comercial entre Estados Unidos e China é na verdade uma guerra tecnológica. Estados Unidos, China e Japão são os países que mais investem em pesquisa e desenvolvimento, neste quesito o Brasil está na 8ª posição mundial (FIESP – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2019).

Por fim, Weltzien (2016) afirma que apesar de todos os avanços da tecnologia no meio rural, ainda não se pode afirmar que a agricultura de precisão tenha sido amplamente estabelecida na produção agrícola, pois a utilização de dados por si só não é suficiente. O registro automático dos dados ajuda nos resultados da fazenda, diminuí o tempo de análise o que leva a decisões mais rápida e assertivas. No entanto, a maior parte do valor agregado decorrente da nova tecnologia, hoje encontra-se nas máquinas e não nos produtos agrícolas (WELTZIEN; 2016).

Portanto, os maiores desafios da agricultura 4.0 incluem aumentar a produção de alimentos e de energia de forma sustentável. Para isso é preciso investimento em conectividade e infraestrutura de redes de internet banda larga, além disso, a tecnologia deve ser pensada para evitar a concentração de culturas e perda da biodiversidade, deve desenvolver o potencial e promover a competitividade de produtos alternativos.

4 Conclusões

É interessante perceber que os desafios discutidos neste trabalho são a força propulsora para a implementação da tecnologia 4.0. Em síntese, existe a necessidade de ampliar a oferta sustentável de bens produzidos e a agricultura 4.0 se apresenta como uma possibilidade de sanar os desafios impostos pela conjuntura.

O fenômeno da agricultura 4.0 pode ser compreendido como uma aplicação massiva de tecnologias digitais na produção de alimentos e outros produtos agrícolas visando ganhos de eficiência. A agricultura 4.0 evoluiu como uma resposta aos desafios de aumentar a produção de alimentos e de energia de forma sustentável.

Esse fenômeno existe porque o ser humano sente a necessidade de aplicar técnicas cada vez mais apuradas para aumentar a produção agrícola levando em consideração as limitações de recursos acessíveis.

A tecnologia 4.0 na agricultura pode promover a melhoria do rendimento, o aumento da qualidade dos produtos e do processamento, a sustentabilidade das culturas, a melhoria das condições de trabalho entre outras vantagens como aumento da produtividade, redução de custos e desperdícios.

Dentre os desafios a serem superados pode se destacar pelo menos quatro que merecem atenção de pesquisadores, governantes, produtores rurais e desenvolvedores de tecnologia: 1)



necessidade de aumentar a produção de alimentos e energia de forma sustentável; 2) necessidade de investimentos em infraestrutura e conectividade; 3) risco de concentração de culturas e perda da biodiversidade; 4) Risco de especialização e competitividade econômica em poucos produtos.

A necessidade de soluções, a redução de custos e os ganhos em eficiência produtiva são a força propulsora da agricultura 4.0. Mas, promover o acesso dos agricultores as novas tecnologias nem sempre é possível pelas mesmas motivações, ou seja, a redução de custos e os ganhos em eficiência produtiva não garantem a disponibilidade de tecnologia aos agricultores com menor poder aquisitivo o que pode piorar questões de desigualdade social e esse é outro ponto crítico que merece ser minuciosamente explorado.

A agricultura 4.0 se configura como um processo incremental pela incorporação e integração de tecnologias disponíveis ou emergentes à agricultura. Nesse processo de incremento de inovação acontece uma seleção adaptativa da tecnologia. Tecnologias mais baratas e eficientes poderão ser implementadas em larga escala enquanto inovações com maior custo e menor eficiência tendem a ser abandonadas.

Por fim, esse estudo pode ter deixado de considerar variáveis importantes sobre o tema devido a sua vasta amplitude mas, apresenta uma compreensão do fenômeno agricultura 4.0, destaca algumas motivações intrínsecas a sua implementação e apresenta percepções sobre temas que devem ser estudados e merecem a atenção de agricultores, governantes, pesquisadores e desenvolvedores de tecnologia.

Referências

ANDERL, R. et al. Guideline Industrie 4.0-Guiding principles for the implementation of Industrie 4.0 in small and medium sized businesses. **In: Vdma forum industrie**. 2015. p. 1-31.

BONNEAU, V.; COPIGNEAUX, de ag. de B.; PROBST, L.; PEDERSEN, B. Industry 4.0. **In agriculture: Focus on IoT aspects**. European Commission, 2017.

BRUM, A. L.; MÜLLER, P. K. A realidade da cadeia do trigo no Brasil: o elo produtores/cooperativas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S. l.], v. 46, n. 1, p. 145-169, 2008. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0103-20032008000100007> > acessado em 24 de ag. de 2020.

CEMA - European Agricultural Machinery Association. **Digital Farming: what does it really mean?**, 2017. European Agricultural Machinery Association. Disponível em < https://www.cema-agri.org/index.php?option=com_content&view=publications&id=14&Itemid=107 > acessado em 02 de ag. de 2020.

CLERCQ, M.; VATS, A.; BIEL, A. Agriculture 4.0: The future of farming technology. **Proceedings of the World Government Summit**, Dubai, UAE, p. 11-13, 2018.

CNA – CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **PIB do Agronegócio Cresce 3,81% em 2019**, 2020. Disponível em < [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_CNA_2019\(1\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_CNA_2019(1).pdf) > acessado em 01 de ago. de 2020.

CREWS, C. What machine learning can learn from foresight: a human-centered approach. **Research-Technology Management**, v. 62, n. 1, p. 30-33, 2019.

DRATH, R.; HORCH, A.; Industrie 4.0: Hit or Hype? **IEEE Industrial Electronics Magazine**. v. 8, n. 2, p. 56-58, Jun. 2014.



EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FAO STAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em < <http://www.fao.org/faostat/en/#home> > Acessado em 28 de nov. de 2019.

FIESP – FEDERAÇÃO DAS INDUSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Cosag destaca segurança alimentar, produtividade e indústria 4.0 em seu encontro, 2019**. Disponível Em < <https://www.fiesp.com.br/noticias/cosag-destaca-seguranca-alimentar-productividade-e-industria-4-0-em-seu-encontro/> > acessado em 01 de ag. de 2020.

HENG, S. Industry 4.0: Huge potential for value creation waiting to be tapped. 2014. **Deutsche Bank Research**, 2014.

JESUS JUNIOR, C. de; RODRIGUES, L. S.; MORAES, V. E. G. de. **Panorama das importações de trigo no Brasil**. [S. l.], 2011. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1602>. Acessado em: 20 ago. 2020.

KAGERMANN, H. **Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0**. Final Report Of The Industrie 4.0 Working Group. Francfort: Acatech, 2013. Disponível em: < http://thuviensio.dastic.vn:8080/dspace/handle/TTKHCNDaNang_123456789/357 >. Acessado em 26 de nov. de 2019.

KOVÁCS, I.; HUSTI, I. The role of digitalization in the agricultural 4.0–how to connect the industry 4.0 to agriculture?. **Hungarian Agricultural Engineering**, n. 33, p. 38-42, 2018.

KLERKX, L.; JAKKU, E.; LABARTHE, P. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. **NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 90, p. 100315, 2019.

KREMEN, C.; MILES, A. Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: Benefits, externalities, and trade-offs. **Ecology and Society**, [S. l.], v. 17, n. 4, 2012. Disponível em:< <https://doi.org/10.5751/ES-05035-170440>> acessado em 24 de ag. de 2020.

KUPFER D. Indústria 4.0. **Valor Econômico**, 2016. <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjquD2wIrmAhXwHrkGHYeEBQgQFjACegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fwww.ie.ufrj.br%2Fintranet%2Fie%2Fuserintranet%2Fienamidia%2Farquivo%2F080820165505_080816_Industria_4.0_Brasil.pdf&usq=AOvVaw3T3p4SkmdmSG16SLbFpQif > Acessado em 27 de nov. de 2019.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. **A Fundamentos de metodologia**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

MASSRUHÁ, S, S. F. M.; LEITE, A. A. M. M. **Agro 4.0 – Rumo à agricultura digital**. JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: Mobilizar o Conhecimento para Alimentar o Brasil, 2017.

MASSRUHÁ, S. M. F. S. Tecnologias da informação e da comunicação: o papel na agricultura. Agroanalysis. **Revista do Agronegócio da FGV**, São Paulo, v. 35, n. 9, p. 29-31, 2015.

MUHURI, P. K.; SHUKLA, A. K.; ABRAHAM, A. Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, [S. l.], v. 78, p. 218–235, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2018.11.007>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **United Nations World Population Prospect 2017**. Disponível em <https://population.un.org/wpp/> acessado em 27 de nov. de 2019.



PEINALDO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: Unicenp, 2007. 750 p.

ROBLES, W. Revisiting Agrarian Reform in Brazil, 1985–2016. **Journal of Developing Societies**, [S. l.], v. 34, n. 1, p. 1–34, 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.1177/0169796X17749658> > acessado em 24 de ag. de 2020.

RODRIGUES, R. Depoimentos. In: **AGRONEGÓCIO. Cadernos FVG projetos**, Rio de Janeiro, ano 14, nº 36, mar. de 2019.

RODRIGUES, R. **Olhares para 2030, 2019**. Disponível em < https://www.embrapa.br/olhares-para-2030/artigo-/asset_publisher/SNN1QE9zUPS2/content/roberto-rodrigues?inheritRedirect=true > acessado em 01 de ag. de 2020.

ROSE, D. C.; CHILVERS, J. Agriculture 4.0: Broadening responsible innovation in an era of smart farming. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 2, p. 87, 2018.

SASSENATH, G. F. et al. Technology, complexity and change in agricultural production systems. **Renewable Agriculture and Food Systems**, [S. l.], v. 23, n. 4, p. 285–295, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S174217050700213X> acessado em 24 de ag. de 2020.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SIPSAS K; Et. al. Collaborative Maintenance in flow-line Manufacturing Environments: An Industry 4.0 Approach. **Procedia CIRP** (55), p. 236, 2016.

TILMAN, D. et al. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. **Science**, [S. l.], v. 294, n. 5543, p. 843–845, 2001. Disponível em:< <https://doi.org/10.1126/science.1060391>> acessado em 24 de ag. de 2020.

TOMEI, J.; HELLIWELL, R. Food versus fuel? Going beyond biofuels. **Land Use Policy**, [S. l.], v. 56, p. 320–326, 2016. Disponível em:< <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.11.015>> acessado em 24 de ag. de 2020.

VIEIRA; BUAINAIN; FIGUEIREDO. O BRASIL ALIMENTARÁ A CHINA OU A CHINA ENGOLIRÁ O BRASIL? **Revista Tempo do Mundo**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 51–81, 2016.

WELTZIEN, C. Digital agriculture – or why agriculture 4.0 still offers only modest returns. **Article in Agricultural engineering**, April 2016.

WILKINSON, J.; REYDON, B.; SABBATO, A. D. Concentration and foreign ownership of land in Brazil in the context of global land grabbing. **Canadian Journal of Development Studies**, [S. l.], v. 33, n. 4, p. 417–438, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02255189.2012.746651>

YAHYA, N. Agricultural 4.0: Its implementation toward future sustainability. **Green Energy and Technology**, [S. l.], n. 9789811075773, p. 125–145, 2018. Disponível em < https://doi.org/10.1007/978-981-10-7578-0_5> acessado em 30 de ag. de 2020.

ZAMBON, I.; Et. al. Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a Future Development for SMEs. **Processes** 2019, 7, 36.

ZAPAROLLI, D. Silvio Crestana: Questão de Sobrevivência. **Revista Pesquisa Fapesp**, Edição 287, jan. 2020. Disponível em < <https://revistapesquisa.fapesp.br/silvio-crestana-questao-de-sobrevivencia/> > acessado em 01 de ag. de 2020.