



MONOGRAFIA

“DESAFIOS, PROBLEMAS E OPORTUNIDADES DA INOVAÇÃO NA
AGRICULTURA NO BRASIL”

ALUNO: LETICIA CONSOLINE

ORIENTADOR: RENATO DE CASTRO GARCIA

Campinas, 2020

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Economia
Mirian Clavico Alves - CRB 8/8708

C765d Consoline, Leticia, 1997-
Desafios, problemas e oportunidades da inovação na agricultura no Brasil /
Leticia Consoline. – Campinas, SP : [s.n.], 2020.

Orientador: Renato de Castro Garcia.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de
Campinas, Instituto de Economia.

1. Inovação. 2. Agricultura. 3. Agroindústria. I. Garcia, Renato de
Castro, 1970-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Economia. III.
Título.

Informações adicionais, complementares

Título em outro idioma: Challenges, issues and opportunities of innovation in agriculture in
Brazil

Palavras-chave em inglês:

Innovation

Agriculture

Agricultural industries

Titulação: Bacharel

Banca examinadora:

Antônio Márcio Buainain

Pedro Gilberto Cavalcante Filho

Data de entrega do trabalho definitivo: 14-12-2020

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é apontar as principais oportunidades geradas pela utilização das novas tecnologias na agricultura e a identificação de quais são os entraves para a difusão delas entre os produtores rurais. Além disso, o trabalho apresenta um perfil do produtor rural brasileiro e seu estado atual de utilização de tecnologias, com vistas a identificar o cenário atual da Agricultura 4.0 no Brasil. Importante mencionar que a dinâmica do setor agrícola vem se modificando de modo substantivo, com exigências cada vez mais rigorosas em relação à saúde humana, animal, ambiental, segurança alimentar e segurança dos alimentos. As tecnologias da Agricultura 4.0 podem se apresentar como uma solução a esse complexo problema. Para o levantamento das informações sobre a difusão da Agricultura 4.0 no Brasil, foram utilizados relatórios elaborados por instituições públicas como Embrapa, SEBRAE e Universidades, sobre a utilização de novas tecnologias no campo, pesquisas feitas por consultorias privadas como a *McKinsey* e notícias e artigos de blogs especializados no tema. Os principais resultados alcançados apontam que é crescente o número de empresas com soluções inovadoras cobrindo todas as etapas da cadeia, gerando e prometendo soluções e benefícios. Entre os principais destaques que foram identificados, pode-se mencionar o crescimento das *startups* agrícolas que são um forte elo no ecossistema de inovação do setor; o produtor, em especial o grande produtor de *commodities*, que já utiliza ou pretende utilizar as novas tecnologias, principalmente aplicativos de celular, drones e sensores. Dentre os principais desafios para aumentar a participação dos produtores, em especial pequenos e médios, nessa nova fase da Agricultura 4.0, são a oferta de educação digital, capacitação tecnológica e infraestrutura ao produtor, além do financiamento.

Palavras-chave: Inovação; Agricultura; Agricultura 4.0.

ABSTRACT

The objective of the present study is to point out the main opportunities generated by the use of new technologies in agriculture and the identification of what are the obstacles to their diffusion among rural producers. In addition, the work presents a profile of the Brazilian rural producer and his current state of use of technologies and, also, the current scenario of Agriculture 4.0 in Brazil. It is important to mention that the dynamics of the agricultural sector has been changing substantially, with increasingly stringent requirements in relation to human, animal, environmental, food safety and food safety. The technologies of Agriculture 4.0 can present themselves as a solution to this complex problem. To collect information on the dissemination of Agriculture 4.0 in Brazil, reports prepared by public institutions such as Embrapa, SEBRAE and Universities were used; on the use of new technologies in the field, research by private consultants such as McKinsey and news and articles from specialized blogs on the topic were used. The main results achieved indicate that the number of companies with innovative solutions is increasing, covering all stages of the chain, generating and promising solutions and benefits. Among the main highlights that were identified, we can mention the growth of agricultural startups that are a strong link in the sector's innovation ecosystem; the producer, especially the large producer of commodities, who already uses or intends to use the new technologies, mainly cell phone applications, drones and sensors. Among the main challenges to increase the participation of producers, especially small and medium, in this new phase of Agriculture 4.0, are the offer of digital education, technological training and infrastructure to the producer, in addition to financing.

Keywords: Innovation; Agriculture; Agriculture 4.0.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Número de tratores por estabelecimentos agropecuários e área média de lavoura por trator - série histórica (1960-2006).....	16
Figura 2 - Curvas de difusão de soja, milho e algodão (GMs) (A), e percentual de adoção, em 2012, de cultivares GMs de soja, milho e algodão (B), no Brasil.	17
Figura 3 - Índices da produtividade dos fatores de produção (mão de obra, terra e capital) na agricultura brasileira, de 1975 até 2015.....	18
Figura 4 - Área e produção de grãos de 1977 a 2018.	18
Figura 5 - Integração da Produção na Indústria 4.0.	22
Figura 6 - População global, demanda por alimentos e recursos naturais.	24
Figura 7 - Potenciais benefícios da transformação digital nas cadeias produtivas agrícolas...	26
Figura 8 - Foco da utilização da internet pelo celular.....	36
Figura 9 - Locais em que se acessa à internet.	37
Figura 10 - Motivo pelo qual não se usa internet móvel no computador no negócio rural.	37
Figura 11 - Quantidade de auxílios e bolsas, por ano de início, em Agricultura de Precisão.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aplicativos agropecuários e formas de aplicações.	30
Tabela 2 - Quais tecnologias digitais você utiliza?.....	32
Tabela 3 - Quais são as principais funções das tecnologias em agricultura digital que você utiliza?.....	33
Tabela 4 - Quais as dificuldades para acesso e uso das tecnologias digitais?	34
Tabela 5 - Onde estão localizados os Hubs de inovação na agricultura?	41
Tabela 6 - Dificuldade de acesso a tecnologias da agricultura digital pelos produtores por tamanho de estabelecimento no Brasil - 2020	47
Tabela 7 - Proporção de estabelecimentos, em percentual, da agricultura familiar com acesso as condições de infraestrutura em 2017.....	49

SUMÁRIO

Introdução	8
1. Inovação e concorrência	10
2. Trajetória e inovação na agricultura no Brasil	14
3. Indústria 4.0	21
4. Agricultura 4.0	24
4.1 Tecnologias da agricultura 4.0	26
4.2 O cenário atual	32
4.3 Ecossistema de inovação e iniciativas público-privadas	39
5. Desafios e Oportunidades da Agricultura 4.0	46
Conclusão	51
Referências Bibliográficas	53

Introdução

As tecnologias digitais oriundas da chamada Indústria 4.0 estão produzindo mudanças em toda a sociedade e em todas as esferas, desde Economia até a Cultura. Na economia, os impactos já são visíveis, com processos de “robotização” de diversos sistemas produtivos e um crescimento constante do volume de dados gerado pelas empresas. O setor agrícola não está fora desse processo. A aplicação dessas tecnologias apresenta um potencial capaz de revolucionar a dinâmica desse setor, com diversas frentes de aplicações para o campo e com possibilidades que vão desde o acompanhamento das condições climáticas, do crescimento da plantação, do desempenho das máquinas agrícolas até tecnologias capazes de monitorar de modo detalhado a saúde dos animais e a rastreabilidade dos produtos. Os ganhos no uso dessas aplicações são significativos em termos de volume, qualidade e eficiência da produção. A aplicação dessas tecnologias no setor agrícola é o que se define como Agricultura 4.0.

Baseado nesse contexto, o trabalho pretende responder à pergunta: quais as principais oportunidades trazidas pelas tecnologias da Agricultura 4.0 e quais os principais desafios para a sua difusão entre os produtores no Brasil.

A hipótese defendida é de que as tecnologias digitais podem trazer diversos benefícios aos produtores, com otimização na utilização de recursos naturais, insumos e ganhos de produtividade, porém, há um espaço grande de atuação do governo e empresas em relação à oferta de capacitação digital e infraestrutura.

O objetivo do presente trabalho é apontar as principais oportunidades geradas pela utilização dessas novas tecnologias na agricultura e a identificação de quais são os entraves para a difusão delas entre os produtores rurais.

Como objetivos secundários procurou-se apresentar um perfil do produtor rural brasileiro e seu estado atual de utilização de tecnologias e, também, o cenário atual da Agricultura 4.0 no Brasil.

Com metodologia do trabalho, foi elaborado, primeiramente, uma breve revisão bibliográfica acerca do tema inovação e concorrência e evolução da utilização de tecnologia na agricultura no Brasil. Em seguida, para apresentar um panorama do estado atual da utilização de tecnologias pelos produtores e da evolução da agricultura 4.0 no Brasil, foram utilizados relatórios publicados por instituições públicas e privadas com expertise no tema, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), a consultoria *McKinsey*, o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em

Telecomunicações (CPqD), *webinars* e *lives* sobre agricultura 4.0, entrevistas gravadas com pesquisadores da Embrapa e SEBRAE sobre o tema, base de dados do Censo Agrícola de 2017 elaborado pelo IBGE e do Censo AgTech 2019 elaborado pela AgTech Garage, e, adicionalmente, foram utilizadas notícias sobre a utilização de tecnologia na agricultura provenientes de blogs especializados.

A temática se tornou relevante no cenário atual, em que o Brasil se tornou um dos grandes *players* no agronegócio mundial e para se manter nessa posição é importante a inserção nesse novo paradigma da Agricultura 4.0. A dinâmica desse setor vem se modificando, com exigências cada vez mais rigorosas em relação à saúde humana, animal, ambiental, segurança alimentar e segurança dos alimentos, e a base de um crescimento sustentável que atenda à essas novas demandas é a inovação tecnológica e organizacional, que viabilizará uma otimização do uso de recursos naturais e insumos agrícolas.

O trabalho foi estruturado em 5 seções: a primeira contempla uma análise bibliográfica sobre inovação e concorrência; a segunda apresenta o desenvolvimento da agricultura no Brasil; a terceira detalha o surgimento da Indústria 4.0 e suas principais tecnologias; a quarta apresenta o conceito de Agricultura 4.0, suas principais tecnologias, o cenário atual no Brasil e o ecossistema de inovação presente no país; e a quinta abrange as oportunidades geradas por essas tecnologias e os principais desafios para sua difusão.

1. Inovação e concorrência

Desde o início da primeira Revolução Industrial o tema de Inovação tem sido objeto de estudo. Schumpeter, em sua teoria do desenvolvimento econômico, diferenciou invenção de inovação: “uma invenção é uma ideia, esboço ou modelo para um novo ou melhorado artefato, produto, processo ou sistema. Uma inovação, no sentido econômico somente é completa quando há uma transação comercial envolvendo uma invenção e assim gerando riqueza” (SCHUMPETER, 1988).

Schumpeter (1988) argumenta que o desenvolvimento econômico é impulsionado pela mudança tecnológica:

“O conceito de destruição criadora é central na abordagem schumpeteriana. Segundo esse conceito, as tecnologias, ao mesmo tempo em que criam, destroem. Sempre que emerge uma nova tecnologia, as tecnologias antigas são suplantadas. Assim, o novo produto passa a ocupar o lugar do velho produto e as novas estruturas produtivas derrubam as estruturas até então vigentes. É por meio desse processo que se progride economicamente” (MARINS, 2007, p. 5).

Na visão de Schumpeter, inovação e concorrência são indissociáveis, já que as empresas são obrigadas a utilizar de estratégias de concorrências ativas/ofensivas (apoiadas na inovação) para manter e ampliar seus espaços de mercado. Assim, é por meio da inovação que as empresas criam suas vantagens competitivas e melhorias de produtividade. “O aspecto progressivo do capitalismo (expresso no contínuo crescimento da produtividade) está ligado fundamentalmente à inovação, que é recorrentemente introduzida pela concorrência intercapitalista” (SILVA, 2003, p. 215).

Para Schumpeter a concorrência se dá entre empresas grandes e “inovadoras”, acarretando uma “destruição criativa” do antigo, e, somente na etapa da difusão que a inovação cumprirá seu papel impulsionador do desenvolvimento econômico e do progresso tecnológico.

“Por sua vez, qualquer inovação, nesse sentido amplo, é entendida como resultado da busca constante de lucros extraordinários, mediante a obtenção de vantagens competitivas entre os agentes (empresas), que procuram diferenciar-se uns dos outros nas mais variadas dimensões do processo competitivo, tanto os tecnológicos quanto os de mercado (processos produtivos, produtos, insumos, organização, mercados, clientela, serviços pós-venda)” (POSSAS, 2002, p. 418).

Rogers e Shoemaker (1971) definem inovação como “uma ideia, uma prática ou um objeto percebido como novo pelo indivíduo”. Nessa definição a inovação não se restringe ao conhecimento científico e pode ser fruto de experimentação ou combinação de tecnologias já existentes.

Freeman (1987) definiu quatro categorias de inovação: incremental, radical, mudanças do sistema tecnológico e mudança no paradigma tecno-econômico (revolução tecnológica). As inovações incrementais são as mais comuns e podem ser sugeridas por melhorias apontadas por funcionários envolvidos no processo produtivo, como por exemplo uma nova forma de atendimento ao cliente ou a modificação de um insumo para o novo produto. As inovações radicais são disruptivas, decorrentes de investimentos em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) e ocorrem por meio de forças exógenas, como por exemplo inovações provindas de *startups* de fora do setor ou universidades. As mudanças tecnológicas são uma junção de inovações incremental e radical e afetam vários setores da economia. Um paradigma tecno-econômico é aquele que afeta a estrutura e as condições de produção e distribuição de quase todo o ramo da economia.

A difusão tecnológica é a maneira como as inovações se espalham e são adotadas ao longo do tempo por outros países ou regiões, e, muitas vezes, pode contribuir para o processo de inovação na medida em que a utilização por mais pessoas pode revelar problemas que serão corrigidos em versões futuras. Rosenberg (2006) destaca que a velocidade da difusão está positivamente relacionada a melhorias contínuas promovidas pelo *learnig-by-using*.

Segundo Tigre (2006) há condicionantes técnicos, econômicos e institucionais que atuam de forma positiva ou negativa no processo de difusão. O fator técnico é caracterizado pelo grau de dificuldade de assimilação da tecnologia pelo consumidor, sendo que quanto mais complexa maior o suporte técnico necessário. Os condicionantes econômicos são custos para aquisição e implementação e as expectativas de retorno do investimento. Já os institucionais podem ser a disponibilidade de financiamento e subsídios, acordos internacionais, situação do país para novos investimentos, sistema de propriedade intelectual, cultura e estratificação social.

Nelson e Winter (1982), influenciados por Schumpeter, destacam que os avanços tecnológicos de hoje tendem a seguir os avanços de ontem, melhorando-o em várias direções, havendo, assim, uma dimensão cumulativa do conhecimento técnico. Eles podem ser considerados os precursores da Teoria Evolucionária da Mudança Econômica. Na Teoria Evolucionária o conhecimento tecnológico tem papel central e reside nas rotinas organizacionais das firmas. As rotinas passam a ser desafiadas constantemente quando as empresas se deparam com situações imprevisíveis, e a busca por soluções e sua prática caracterizam o processo de aprendizado.

Dosi (1982) definirá o que se chama de paradigma tecnológico, um padrão de soluções de problemas técnico econômicos baseado em princípios das ciências naturais, que permite

entender a evolução tecnológica como algo altamente seletivo, direcionado e cumulativo na aquisição de capacidades e instrumentos de resolver problemas.

“Mais do que colocar a inovação tecnológica no centro das análises, a Teoria Evolucionária amplia a perspectiva de tecnologia, que deixa de ser vista como um fator dado e estático. A Teoria Evolucionária lança um olhar sobre o âmbito intra-organizacional antes não visto na Economia. Por meio da noção de rotinas organizacionais, paradigmas e trajetórias tecnológicas, dá-se um passo à frente e começa-se a examinar o processo de desenvolvimento tecnológico no interior da firma” (MARINS, 2007, p. 8).

A Teoria Evolucionária também dá ênfase ao papel do mercado no processo de seleção: “Em última instância, o mercado opera como um ambiente seletivo que, através da lucratividade relativa obtida pelos agentes em concorrência, define os paradigmas e trajetórias que vão se tornando hegemônicos” (SILVA, 2003, p. 229).

Além do conceito de paradigma tecnológico, Dosi (1982) desenvolveu as trajetórias tecnológicas, que, quando associados à interação entre aprendizado e rotinas, mostram como ocorre o processo evolutivo das firmas.

“As trajetórias são formadas por inovações incrementais, relativas às adaptações inovadoras em uma tecnologia existente, e inovações radicais, geradas a partir da criação de uma tecnologia inédita. A evolução de uma trajetória pode ser compreendida pela habilidade e capacidade tecnológica das organizações em encontrar novas oportunidades de inovações, desenvolvê-las e implementá-las em suas respectivas atividades” (VIEIRA, 2010, p.5).

Rosenberg (2006) defende a mudança tecnológica como variável mais importante do crescimento a longo prazo na economia norte americana. Para isso, ele mostra como a tecnologia afeta a estrutura econômica não apenas pela sua porta de entrada, com saltos tecnológicos patenteáveis, mas também por outras portas mais discretas.

O exemplo que o autor utiliza é o do impacto das ferrovias na economia norte-americana em meados do século XIX. Parte do retorno econômico consistiu num aumento de produtividade da agricultura, visto que volumosos produtos agrícolas passaram a ser trocados no âmbito de áreas geográficas maiores do que era possível antes, gerando aumento da produtividade.

Para ele, é um trabalho exaustivo calcular o impacto de inovações isoladas na produtividade, dado que há um enorme impacto intersetorial das novas tecnologias. “A crescente produtividade das economias industriais é o complexo resultado de grandes quantidades de tecnologias interconectadas, que se reforçam mutuamente, mas cujos componentes individuais, têm consequências econômicas muito limitadas” (ROSENBERG, 2006, p. 100).

Rosenberg (2006) mostra a importância das transferências de tecnologias entre alguns setores dando o exemplo das colheitadeiras mecânicas de tomate, que estavam disponíveis por anos, mas não foram adotadas até que se tornou possível desenvolver uma nova variedade de pele resistente, menos suscetível a esmagamentos e de amadurecimento mais uniforme. Dessa forma, é possível perceber como muitos dos benefícios do aumento da produtividade decorrente de uma inovação são auferidos em setores de produção distintos daquele setor no qual foi realizada a inovação.

Para alguns autores, a agricultura aparece como um setor passivo na geração de inovações, sendo um setor dominado por fornecedores.

“Na maioria dos modelos de desenvolvimento econômico, a agricultura é vista como um setor retardatário e dependente da compra de insumos tecnológicos produzidos fora do setor. A produção agrícola é passiva em termos de geração e difusão de novos conhecimentos, quando comparada ao setor industrial e de manufaturas.” (VIEIRA, FISHLOW, 2017, p. 42)

Porém, essa visão que considera a inovação como exógena, não leva em consideração processos importantes, tais como o aprendizado, a busca por inovações, o comportamento dos imitadores, a decisão de investimento e a pesquisa e desenvolvimento (P&D). A teoria evolucionária de Nelson e Winter (1982), que incorpora tais elementos foi posteriormente adaptada por Vieira Filho, Campos e Ferreira (2005) no seu estudo da economia agrícola. Nessa visão a geração de tecnologia é vista como um movimento endógeno da agricultura, em que “A inovação tecnológica visa à ampliação da capacidade de produção da terra e do trabalho, criando um processo dinâmico de ganhos contínuos.” (VIEIRA, FISHLOW, 2017, p. 56).

Os autores Vieira e Fishlow (2017, p. 58) destacam o papel fundamental do aprendizado no processo de inovação, de forma que “A revolução tecnológica isolada do processo de aprendizado não garante o aumento da produção nem o uso eficiente do conteúdo tecnológico.”

2. Trajetória e inovação na agricultura no Brasil

Quando analisamos a agricultura brasileira nas décadas de 1950 até o início de 1970 o retrato que temos é de uma agricultura rudimentar, com prevalência de trabalho braçal e uma política econômica de industrialização forçada, que criava mais facilidades para a indústria do que para a agricultura. “Os sinais se tornaram claros no meio rural: a discriminação da agricultura e o favorecimento da indústria fortaleceram o poder de atração das cidades, e o êxodo rural se acelerou rapidamente” (ALVES et al. 2010, p.3).

Edward Schuh (1971) destaca que havia pouco conhecimento sobre os solos tropicais e uso de fertilizantes, além de quase nenhuma pesquisa acerca de combinações produtivas ou doenças tropicais nos rebanhos e lavouras. Decorrente disso, o aumento da produção ocorria com conversão de áreas naturais em lavouras. Porém, como o conhecimento era limitado, esses processos geravam erosões e assoreamentos. Com o contexto de avanço da industrialização e aumento da urbanização a demanda por alimentos subia mais rápido do que a produção agrícola, chegando à escassez alimentar.

Contini (2010) relata que para reverter o cenário o governo atuou em três frentes: concessão de crédito subsidiado para aquisição de fertilizantes, defensivos químicos, tratores e máquinas agrícolas, extensão rural e investimentos em pesquisa e desenvolvimento, com a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) em 1973.

Em 1974, foi criada a Embrater (Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural) que funcionou como um acelerador do processo de difusão entre o conhecimento aplicado gerado pela Embrapa e as unidades de produção agrícola (PEIXOTO, 2008).

A modernização agrícola que se prosseguiu não atingiu todos os produtores de forma homogênea. O grau de instrução da maioria dos agricultores, os recursos disponíveis para o crédito rural e a posse regularizada da terra não permitiram a massificação do desenvolvimento tecnológico, e a região Nordeste do Brasil, a mais pobre, foi a que mais perdeu, por ter menor índice de escolaridade, maiores complicações quanto aos títulos de posse da terra e agricultores com aversão ao risco (CONTINI, 2010).

A partir de 1975 o país passou a visualizar uma alta nas taxas de produtividade agrícola através de transferências de tecnologia, transformação de solos ácidos em novas áreas cultiváveis, melhoramentos genéticos e uma agricultura tropical eficiente.

“Os princípios da Revolução Verde, intensiva no uso de mecanização e de produtos químicos por variedades para esse fim desenvolvidas, entraram firme na agricultura brasileira. A soja, vinda do Sul do País, logo se destacaria, ao assumir o papel de liderança no complexo agroindustrial brasileiro.” (BARROS, 2014, p. 93).

No final da década de 1970 e no início de 1980 ocorre a primeira expansão da fronteira agrícola em direção ao Centro-Oeste. Com a passagem da ineficiente e extensiva pecuária de corte do Cerrado para a agricultura tropical pioneira e eficiente foi possível uma grande incorporação de novas terras: “Incorporam-se, potencialmente, mais de 200 milhões de hectares à agricultura brasileira. O Brasil tornou-se exemplo, para o mundo, de como transformar recursos naturais inaproveitáveis em recursos produtivos.” (ALVES et al. 2010, p.7). O Cerrado, que até então, era composto por áreas marginais de produção agrícola, se tornou uma extensão de terras propícias para produção e mecanização. Além disso, utilizando o sistema de plantio direto, foi possível produzir até mesmo três safras em uma mesma área, otimizando a produção e o uso de insumos, e elevando a produtividade por área (VIEIRA FILHO, 2014).

“Além das inovações introduzidas pela pesquisa no aperfeiçoamento da qualidade e produtividade, várias outras ocorreram em processos de produção, tais como o sistema de plantio direto, a inoculação com bactérias, o manejo integrado de pragas, e a criação de variedades e espécies com plasticidade suficiente para se adaptarem às diferentes condições ambientais.” (HOFFMAN, NEY, 2010, p.36).

A Embrapa não foi a única responsável por esse avanço tecnológico, foi fundamental a constituição de todo um Sistema Nacional de Pesquisa Agrícola (SNPA), com instituições como o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e as Universidades públicas, como a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), a Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV). “A pesquisa pública e seus vínculos com o setor privado e com as organizações de produtores (cuja importância vem crescendo nos últimos 20 anos) configuram o coração do processo de consolidação do agronegócio brasileiro.” (SILVEIRA, 2014, p. 390). As universidades públicas e o IAC foram imprescindíveis para o avanço da tecnologia em culturas como cana de açúcar e café.

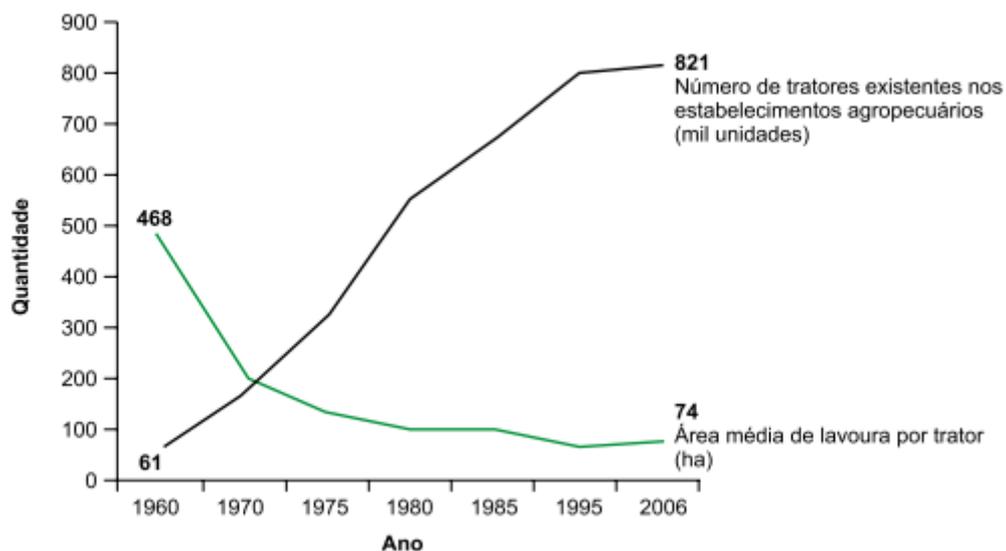
O SNPA foi criado no século XIX com a criação do IAC. Foi criado um novo modelo brasileiro de pesquisa agropecuária pública. Ela deveria gerar novas técnicas e tecnologias a serem empregadas no novo sistema produtivo de uso intensivo de capital. Entre os objetivos principais do SNPA estão: i) compatibilizar as diretrizes e estratégias de pesquisa agropecuária com as políticas de desenvolvimento, tanto em nível nacional como regional; ii) assegurar organização e coordenação das matrizes de instituições que atuam no setor; iii) desenvolver um sistema nacional de planejamento para pesquisa, com acompanhamento e avaliação; iv)

estabelecer um sistema brasileiro de informação agrícola; v) organizar e racionalizar os meios, métodos e sistemas por meio da informatização das instituições; vi) fomentar a parceria entre as instituições no desenvolvimento de C&T para a agropecuária; e vii) favorecer o intercâmbio de pessoal para capacitação (PEREIRA, CASTRO, 2017).

A partir de 1990 a agricultura brasileira já vivenciava um outro momento de sua história em que se intensificaram os investimentos para tornar o Brasil um grande *player* global. Em 1996, instituiu-se o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) e, posteriormente, o Programa de Modernização da Frota de Tratores Agrícolas e Implementos Associados e Colheitadeiras (Moderfrota). “Tais programas foram importantes na renovação da frota de tratores e colheitadeiras na agricultura brasileira, com o aumento do volume de crédito ao longo dos últimos 15 anos” (VIEIRA FILHO, 2014, p. 402). Como pode-se ver no Gráfico 1 há um grande aumento no uso de tratores entre os anos 1960 e 2006.

A partir dos anos 2000 a Agricultura de Precisão, ou seja, a utilização de tecnologias e ferramentas que auxiliam o produtor a conhecer toda a área para cultivo de maneira mais abrangente, passou a ser mais utilizada na agricultura, com a ascensão de grandes empresas multinacionais como AGCO e CNH e a utilização de semeadoras, adubadoras, colhedoras, computadores de bordo e mapas de produtividade (ALVES et al. 2010).

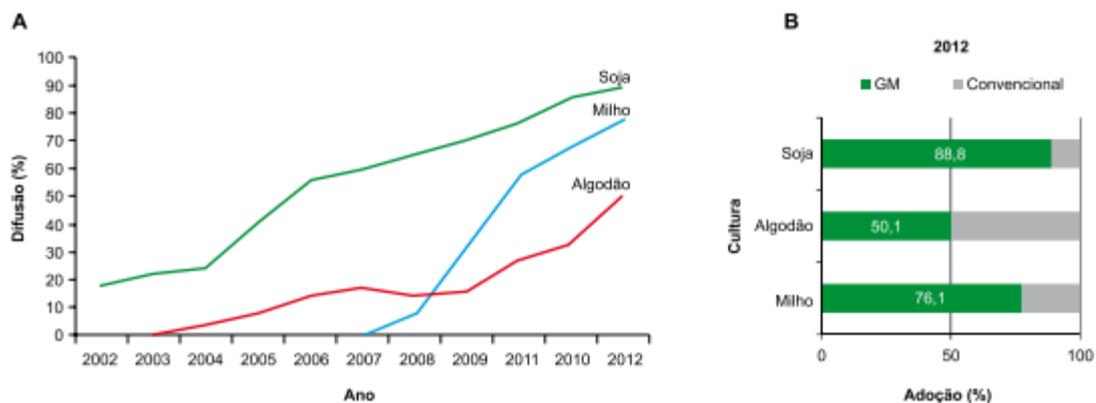
Figura 1 - Número de tratores por estabelecimentos agropecuários e área média de lavoura por trator - série histórica (1960-2006).



Fonte: VIEIRA FILHO (2014).

Em 2003, é legalizado o plantio de cultivares geneticamente modificados, sendo o primeiro a soja, seguido pelo algodão em 2005 e o milho em 2008; e, como pode-se ver pela Figura 1 a difusão desse tipo de plantio tem grande crescimento posterior, chegando a superar o plantio convencional em 2012. Esse plantio é vantajoso para o produtor pois simplifica o manejo e as práticas agrícolas, reduzindo o uso de herbicidas e pragas.

Figura 2 - Curvas de difusão de soja, milho e algodão (GMs) (A), e percentual de adoção, em 2012, de cultivares GMs de soja, milho e algodão (B), no Brasil.



Fonte: VIEIRA FILHO (2014).

Nesse período também há forte crescimento da economia internacional, aumentando a demanda por alimentos.

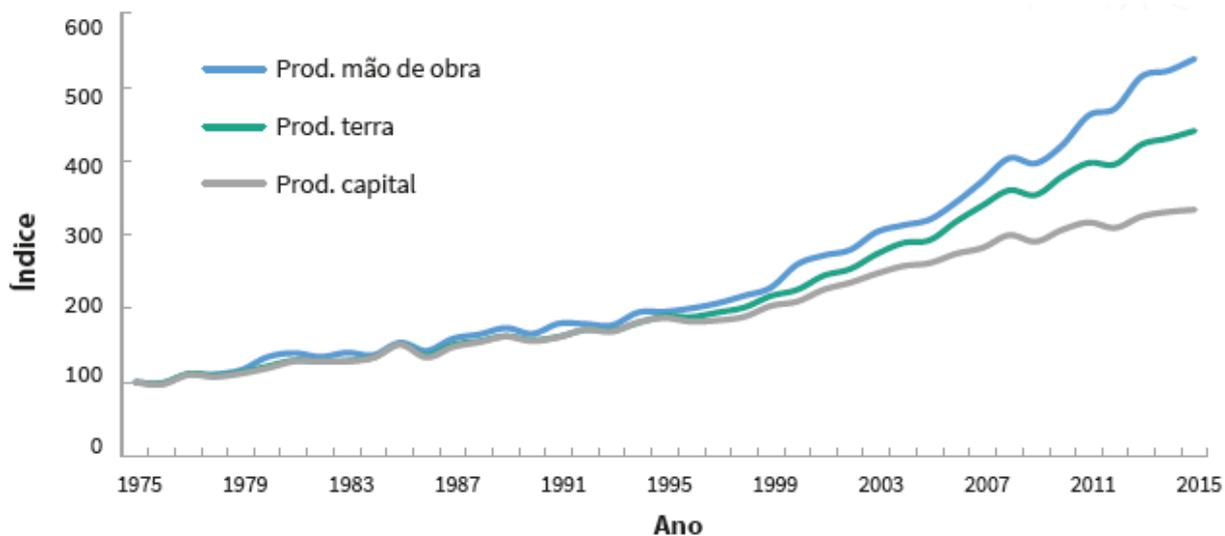
“Os preços de *commodities* em geral, depois do declínio acentuado desde a década de 1970, sofrem, a partir de 2003, uma reversão para cima, puxados predominantemente pelas importações chinesas. O Brasil tirou proveito disso, aumentando espetacularmente suas exportações, as quais cresceram a 4,6% ao ano de 1994 a 2003, e passaram a crescer a 10,2% de 2004 a 2013.” (BARROS, 2014, p. 104)

Com os esforços mencionados para desenvolvimento, transferência de tecnologia e mecanização foi possível mudar o cenário da agricultura brasileira, sendo verificado a partir de 1980, índices crescentes de produtividade, qualquer que seja o fator de produção avaliado. “Quando se considera o período entre 1975 e 2015, a tecnologia é responsável por 59% do crescimento do valor bruto da produção, enquanto terra e trabalho explicam 25% e 16%.” (GASQUES et al. 2017).

O padrão de crescimento extensivo, baseado na incorporação de terra e mão de obra, exploração predatória dos recursos naturais, utilização de sistemas produtivos tradicionais, de

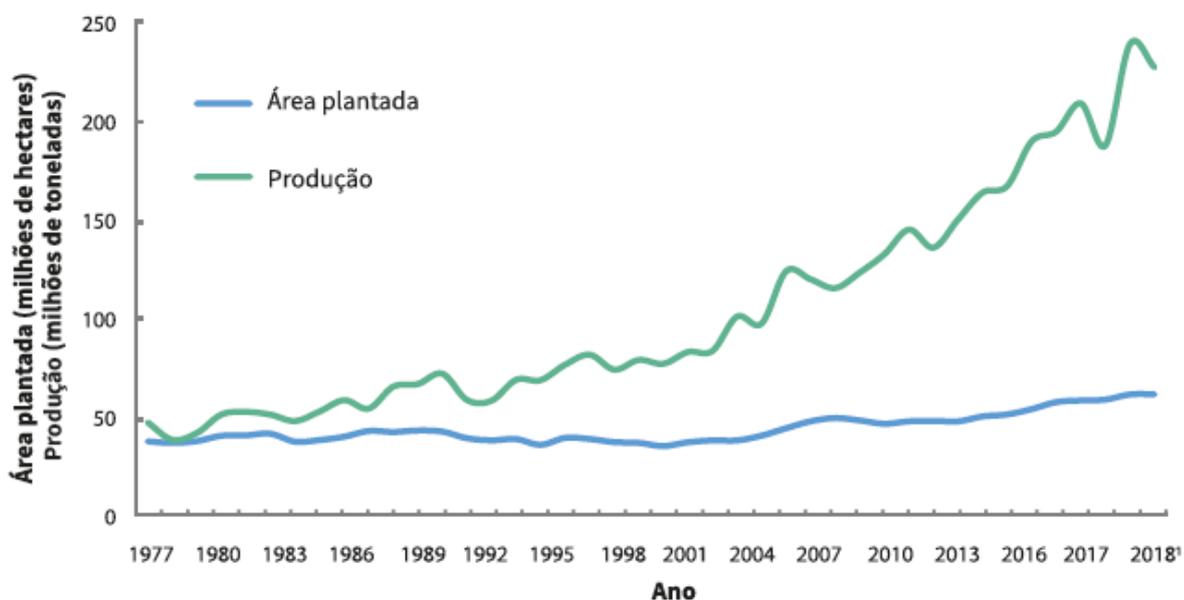
baixa produtividade, deu lugar a um padrão de crescimento baseado principalmente em aumento da produtividade total dos fatores propiciado pela inovação tecnológica.

Figura 3 - Índices da produtividade dos fatores de produção (mão de obra, terra e capital) na agricultura brasileira, de 1975 até 2015.



Fonte: EMBRAPA (2018).

Figura 4 - Área e produção de grãos de 1977 a 2018.



Fonte: EMBRAPA (2018)

“O Brasil, que nos anos 70 ainda dependia da importação de alimentos básicos, teve nas últimas quatro décadas um dos mais destacados desempenhos mundiais em inovação e produção agropecuária. Em 2010, a

produtividade média dos cultivos de grãos no Brasil já alcançara 3.173 quilos por hectare, um salto de 774%.” (LOPES, CONTINI, 2012, p.3)

Esse processo de modernização não atingiu os produtores brasileiros como um todo e há milhares deles que ainda estão à margem dessa agricultura moderna, com um cenário atual de assimetrias de produtividade e de renda no campo (EMBRAPA, 2020).

“Em 2006, apenas 0,43% dos estabelecimentos rurais, o que corresponde a cerca de 22 mil dos 5.175.489 existentes no Brasil, respondia por mais da metade do valor produzido. Esses números se opõem à vasta maioria dos estabelecimentos (3,9 milhões), cuja renda bruta (em salários mínimos mensais) atinge, no máximo, dois salários mínimos.” (EMBRAPA, 2020).

Para entender o processo de difusão tecnológica no Brasil é preciso observar diversos fatores: a) características socioeconômicas e condição do produtor; b) características da produção e da propriedade rural; c) características tecnológicas; d) fatores sistêmicos (SOUZA FILHO, BUAINAIN, SILVEIRA, 2011, p.227)

Dessa forma, a tecnologia é assimilada de forma assimétrica entre os agentes.

“Buainain et al. (2002), analisando uma amostra de quase 3.000 agricultores familiares dos estados da Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Ceará e Maranhão, confirmam que a maioria tem baixo nível de escolaridade, pouca experiência em gestão tecnológica e de negócios e pequena inserção nos mercados de serviços, notadamente no financeiro. Essas constatações indicam as dificuldades enfrentadas pelos agricultores familiares para adotar tecnologias cujo manejo exige experiência e habilidades não tradicionais.” (SOUZA FILHO, BUAINAIN, SILVEIRA, 2011, p.233).

A capacidade para obter informações e as habilidades para processá-las são importantes para que o produtor consiga identificar as oportunidades tecnológicas relevantes. Além disso, a maioria das tecnologias exige que o produtor seja capaz de aprender sua utilização.

“A experiência anterior e/ou o conhecimento prévio, medido pelo nível educacional, em área relacionada com a nova tecnologia influenciam as variáveis comportamentais: autoeficácia e a ansiedade em relação ao uso da nova prática, que, por sua vez, afetam o processo de adoção da tecnologia.” (SOUZA FILHO, BUAINAIN, SILVEIRA, 2011, p.230).

Os condicionantes econômicos também são importantes para a difusão da tecnologia por conta dos custos de aquisição de investimento. Dessa forma, a aversão ao risco desempenha um papel importante e os produtores que possuem seguros ou garantias de mercado são mais abertos a inovações do que o familiar que depende diretamente do resultado da produção e que não dispõe de muitos recursos. Outro fator determinante é a localização da propriedade rural. A existência de estradas, serviços, mercados e indústria na região favorecem a adoção de certas tecnologias (SOUZA FILHO, BUAINAIN, SILVEIRA, 2011).

Souza Filho, Buainain e Silveira (2011) sugerem que a associação de pequenos produtores em organizações, como cooperativas, pode ajudar a superar problemas de escala de produção, acesso ao crédito e qualidade de informação que são fundamentais para acesso à novas tecnologias. Além disso, essa associação poderia aumentar o poder de pressão junto ao governo para requisitar assistência.

As limitações de infraestrutura e as assimetrias regionais fazem parte dos gargalos do próximo desafio a ser enfrentado pela agricultura brasileira, que é a adoção de tecnologias oriundas da Indústria 4.0.

3. Indústria 4.0

A primeira Revolução Industrial começou entre os anos de 1760 e 1840 na Inglaterra e foi caracterizada pela introdução da mecanização dos processos, com criação de máquinas a vapor e o uso do carvão como combustível. Em seguida, na segunda metade do século XIX, a industrialização se expandiu para outras partes do mundo, alcançando um novo nível de capacidade produtiva com o aço, a eletricidade e o petróleo ganhando espaço e marcou a segunda Revolução Industrial. Na sequência, em meados 1960, a terceira Revolução Industrial introduziu ao mundo a tecnologia da informação com a automação de máquinas, uso de computadores e a internet (FREITAS, 2018).

O termo “Indústria 4.0”, conhecido também como a quarta Revolução Industrial, surgiu como um projeto do governo alemão para a modernização da indústria e foi utilizado pela primeira vez em 2011 na Feira de Hannover, um dos maiores eventos sobre automação industrial na Alemanha. O termo não tem uma definição formalmente aceita, mas pode ser compreendida como uma variedade de tecnologias que auxilia a conexão entre o mundo físico e o digital com o intuito de criar redes inteligentes ao longo da cadeia de produção e controlar diversas ações de forma autônoma (COELHO, 2016).

“O termo Indústria 4.0 significa, em essência, a integração técnica de sistemas físicos cibernéticos (CPS), em produção e logística e o uso da 'internet das coisas' (conexão entre objetos cotidianos) e serviços em processos (industriais) – incluindo as consequências para uma nova criação de valor, modelos de negócio, bem como serviços a jusante e organização do trabalho. O CPS refere-se às conexões de rede entre humanos, máquinas, produtos, objetos e sistemas de ICT (tecnologia da informação e comunicação). Nos próximos cinco anos, espera-se que mais de 50 bilhões de máquinas conectadas existam em todo o mundo” (IBA, 2017).

As principais tecnologias dessa indústria são:

- Manufatura Aditiva (3D): é a impressão 3D, que imprime objetos físicos, adicionando camadas de material, com base em um modelo digital.
- Inteligência Artificial (IA): é o segmento da computação que busca simular a inteligência humana através de *softwares*, construindo mecanismos ou sensores que sejam capazes de realizar processos de forma autônoma.
- Internet das Coisas (IoT): se refere à possibilidade de interconexão de objetos físicos com a internet. Esses objetos podem ser de uso cotidiano, como geladeiras, relógios, carros e computadores, que através do cruzamento de dados podem promover maior praticidade e produtividade. Um exemplo dessa tecnologia pode ser o uso de sensores de movimento para ativação de câmeras ou de luz.

- Sistemas Ciber-Físicos (CPS): sintetizam a fusão entre o mundo físico e digital. Esse sistema consiste na combinação de um componente de *software* com partes mecânicas ou eletrônicas de máquinas, geralmente por meio de sensores. Quando as máquinas (físico) geram informações essas são enviadas ao *software* (digital) que possibilita o controle, monitoramento e análise de dados.

- *Big Data*: são grandes volumes de dados que são gerados continuamente e que se originam de sistemas ligados à rede (IoT).

A integração dessas tecnologias na produção e gestão proporcionam uma conexão entre diversas etapas da cadeia de valor (do desenvolvimento de novos produtos, projetos, produção até o pós-venda). Os impactos dessas novas tecnologias provavelmente irão muito além de ganhos de produtividade, com encurtamento de prazos de lançamento de novos produtos no mercado, maior flexibilidade das linhas de produção e o aumento da eficiência no uso de recursos - por exemplo, energia (CNI, 2016). Essa maior integração da cadeia de produção, como apresentado na Figura 2, também auxilia na customização em massa dos produtos de acordo com as preferências de diferentes clientes.

É esperado que esse avanço na digitalização da economia impacte diretamente a competitividade das empresas. Possivelmente, haverá efeitos importantes sobre diversos itens de redução de custos, como na manutenção de equipamentos e no consumo de energia, além de uma elevação expressiva na eficiência do trabalho.

Figura 5 - Integração da Produção na Indústria 4.0.



Fonte: CNI (2016).

Coelho (2016) cita que essa nova indústria tem impactos que vão além da digitalização, forçando empresas a repensar sua inserção nas cadeias de valor, a forma de gerir os negócios e de desenvolver seus produtos. Há uma cobrança pela “fábrica do futuro”, que deverá ser mais rápida, inteligente e conectada.

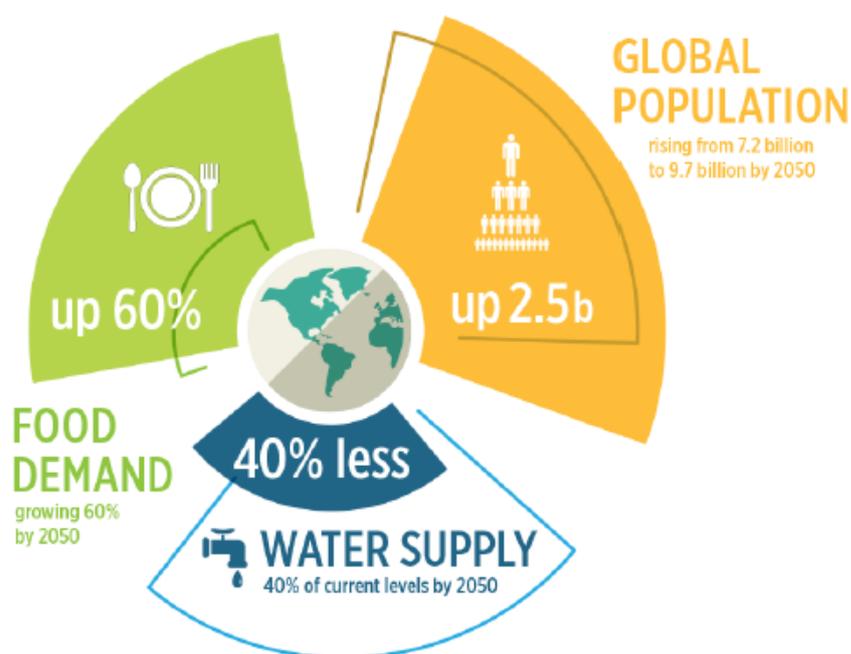
“O aparecimento de plataformas virtuais globais intimamente ligadas ao mundo físico, em vez de simples digitalização é um marco em relação à indústria 3.0. A necessidade das organizações se focarem no cliente altera o paradigma entre vender produtos ou distribuir serviços, em vez de comprar o produto, o cliente compra o seu acesso através de plataformas digitais especialmente criadas para o efeito, veja-se o exemplo dos livros (Amazon com Kindle), da música (Spotify), da mobilidade através do car-sharing sem a necessidade da compra de um veículo (UBER), aluguel de habitação AIRBNB.” (COELHO, 2016, p.16).

4. Agricultura 4.0

O cenário atual impõe diversos desafios para a agricultura, dentre eles o aumento da população, aumento da taxa de urbanização, maior expectativa de vida, mudança nos padrões alimentares, escassez de recursos naturais e mudança climática.

Segundo dados das Nações Unidas (2019) é esperado que a população mundial cresça em torno de 33% até 2050, passando de 7,2 bilhões em 2017 para quase 10 bilhões em 2050, e esse crescimento seria responsável por uma alta na demanda por alimentos. Somado a isso, a tendência ao aumento das rendas irá intensificar a demanda por alimentos processados, como apresentado na Figura 3, assim como alimentos de origem animal. Projeções da Organização Mundial da Saúde (OMS) mostram que o consumo de carne *per capita* anual chegará à 45,3kg por pessoa em 2030, enquanto em 1999 era de 36,4kg.

Figura 6 - População global, demanda por alimentos e recursos naturais.



Fonte: Pure Strategies (2019).

Aumentar a produção de alimentos mundial esbarra em algumas limitações, como: recursos naturais, em especial a água, e a emissão de gases que contribuem para o efeito estufa. No longo prazo, o impacto desse aumento de produção de alimentos e carne para acompanhar o novo cenário mundial seria insustentável (WSG, 2018).

A transformação digital na agricultura, com a aplicação e tecnologias oriundas da Indústria 4.0, é imprescindível para se resolver o desafio complexo de produzir cada vez mais

alimentos com menor utilização de recursos naturais e insumos, pois se abre um leque de oportunidades para a otimização desses recursos. Dessa forma, podendo alcançar novos patamares de produtividade e sustentabilidade agrícola.

“O papel da inovação passa a ser essencial para garantir que as próximas gerações possam ser alimentadas com qualidade. Para isso, é preciso que ocorra uma transformação na forma como produzimos os alimentos. Não basta aumentar a produtividade, é preciso utilizar uma abordagem mais abrangente, que envolva produção e consumo sustentável, de forma a garantir a segurança alimentar para as futuras gerações” (MASSRUHÁ, LEITE, 2017, p.33).

Essa transformação digital na agricultura é também chamada de Agricultura 4.0 e conta com uma série de tecnologias, como: Drones, veículos aéreos não tripulados (VANTS), *Big Data*, sensores, computação em nuvem, automação, Internet das Coisas (IoT), softwares de comunicação máquina para máquina (M2M), impressões 3D, *Blockchain*, aplicativos para controle e monitoramento da fazenda, Agricultura de Precisão, entre outras. A grande evolução está na capacidade de conexão entre essas tecnologias para geração de grandes volumes de dados, automatização de processos e compartilhamento de informações, que podem gerar benefícios para todas as partes da cadeia agrícola, como pode ser visualizado na Figura 4. A fazenda do futuro será guiada pelos dados, pela análise de informações sobre tempo, tipos de sementes, qualidade do solo, probabilidade de doenças, tendências de mercado, e preços e será possível que o agricultor tome decisões baseadas em mais do que apenas experiência e intuição (MASSRUHÁ, LEITE, 2017).

“A transformação chave reside na capacidade de coletar mais dados e medição sobre a produção: qualidade do solo, níveis de irrigação, clima, presença de insetos e pragas. Sendo os dados obtidos a partir de sensores implantados em tratores e implementados diretamente no campo e no solo ou com o uso de drones ou imagens de satélite.” (BONNEAU, et al. 2017, p.1)

Figura 7 - Potenciais benefícios da transformação digital nas cadeias produtivas agrícolas.



Fonte: BOLFE, MASSRUHÁ (2020).

4.1 Tecnologias da agricultura 4.0

Coleta, monitoramento e análise de dados para auxílio na tomada de decisão do produtor:

Sensores:

Os sensores podem estar ligados ao solo, plantas, máquinas e equipamentos. Eles captam informações que vão além da percepção humana, potencializam e agilizam a coleta de dados e realizam comandos de forma automática ou remota. A redução no tamanho dos sensores nos últimos anos possibilitou a redução de seu custo e sua integração com outros equipamentos agrícolas, facilitando a geração de um número maior de dados para o produtor.

- **Sensores de solo:** são utilizados para medir a conteúdo volumétrico de água do solo, densidade aparente, compactação e uniformidade. Através da análise desses dados é possível analisar informações sobre a quantidade de água a ser aplicada, se a quantidade aplicada foi adequada e a produtividade do solo.
- **Pluviômetro:** é o sensor do volume de chuva. Com ele é possível coletar e armazenar água das chuvas durante um determinado tempo e local, mostrando ao produtor o valor da precipitação, medida em milímetros. Esses dados são importantes para analisar o histórico de irrigação por chuva da região e programar as irrigações futuras.

- Sensores de localização: utilizam sinais de satélites GPS para determinar latitude, longitude e altitude, sendo possível uma representação precisa do terreno. Auxilia o produtor a mapear os limites do terreno e determinar as áreas com melhores condições naturais para plantio. Esse tipo de sensor também pode ser acoplado em máquinas e equipamentos para auxiliar na sua localização e informar caso haja alguma parada não programada.

Estações Meteorológicas:

As estações meteorológicas são um conjunto de instrumentos ou sensores que coletam dados para análise do clima. São coletadas informações sobre temperatura do ar, velocidade e direção do vento, umidade do ar, radiação solar e chuva. As estações são uma importante ferramenta para um planejamento agrícola eficaz, principalmente pelo manejo da irrigação.

Drones:

A tecnologia dos Drones está proporcionando benefícios ao produtor em várias etapas da produção:

- Solo e análise territorial: através da produção de mapas 3D para análise do solo, os drones podem desempenhar um papel grande no planejamento da plantação, da irrigação e no gerenciamento do nível de nitrogênio dos solos. “Antes, na hora de se preparar o plantio, as informações sobre a área a ser plantada só podiam ser coletadas por um agrônomo, que percorria toda a área. Outra alternativa era usar imagens de satélite, que não têm boa resolução”, diz o CEO da Verde Drone.
- Monitoramento da plantação: os drones podem sobrevoar periodicamente a plantação para detectar falhas de plantio, pragas e doenças, excesso de irrigação e, também, captar imagens para posterior análise.
- Pulverização: os drones podem sobrevoar a fazenda e realizar a pulverização de forma mais rápida do que a realização por máquinas tradicionais. Para grandes fazendas, com extensas áreas plantadas, a aplicação aérea acaba sendo a única opção prática, pois a aeronave oferece maior rendimento e rapidez.
- Acompanhamento da pastagem: na pecuária os drones podem ser utilizados para detecção de áreas que necessitam de reformas, para contagem da boiada pela captação de imagens e para auxílio na localização de animais perdidos.
- Monitoramento ambiental: os drones podem auxiliar na detecção de focos de queimadas e desmatamento.

Máquinas e equipamentos:

O foco está no desenvolvimento de máquinas e equipamentos que sejam cada vez mais conectados, autônomos e inteligentes. Muitos deles já possuem tecnologias embarcadas, como sensores e GPS. Diversos tratores-semeadoras já possuem tecnologia para leitura de mapas da fazenda para distribuição otimizada de insumos. A opção de piloto automático também já pode ser encontrada em diversas máquinas agrícolas.

“Também é possível encontrar tratores, colheitadeiras e pulverizadores com piloto automático de alta precisão, podendo alcançar níveis centimétricos de precisão, orientando as máquinas por linhas virtuais de direcionamento que podem ser criadas diretamente no monitor da máquina pelo operador ou podem ser pré-definidas em softwares e posteriormente inseridas para leitura no monitor.” (AGROLINK, 2020).

Com o auxílio da telemetria é possível monitorar máquinas para identificar consumo de combustível, distância percorrida durante o dia, detectar irregularidades e identificar sua localização. Combinado com a instalação de sensores nos equipamentos também é possível automatizar processos como pulverização de defensivos agrícolas e irrigação, escolhendo o melhor horário do dia para a aplicação e o volume ideal de insumos. O processo de semeadura também pode ser automatizado, com o produtor determinando o espaçamento ideal entre as sementes e as quantidades recomendadas.

A Bosch desenvolveu recentemente o sistema IPS que com um conjunto de componentes e interfaces acoplados a máquinas de plantio criam um sistema de controle automático da semeadura.

“A tecnologia controla a quantidade ideal de sementes, sua separação e a distância entre os cultivos em cada linha. Se a fertilidade do solo for variável, a IPS regula automaticamente a quantidade de sementes sem que o agricultor precise intervir. Além disso, o sistema também garante uma distribuição ideal de sementes na topografia em curva, ajustando a quantidade de sementes para os sulcos internos e externos de maneira direcionada. Já a semeadura dupla é evitada, pois o sistema reconhece de maneira confiável os sulcos plantados anteriormente e desativa a aplicação ao passar por eles novamente.” (BOSCH, 2020).

Internet das Coisas:

A Internet das Coisas é uma rede de integração de dados que vêm dos dispositivos por meio da internet, podendo-se analisá-los e transformá-los em modelos de gestão para suporte na tomada de decisão do produtor. Os modelos agrônômicos criados pelas empresas propõem monitorar e integrar dados de solo (umidade e níveis de nutrientes), irrigação, pragas, doenças, plantio e pecuária por meio da utilização de sensores localizados no solo ou em máquinas, drones, softwares para integração e interpretação de dados, imagens de satélite, estações

meteorológicas e pluviômetros digitais. O impacto dessa tecnologia é sentido na redução dos custos de produção, melhor uso de fertilizantes e insumos, detecção precoce de doenças, adequação dos níveis de nutrientes do solo, antecipação da manutenção de equipamentos e mapeamento de produtividade por talhão.

“A Internet das Coisas aplicada a fazendas inteligentes pode ser exemplificada pelos sistemas de irrigação inteligente, sensores embarcados para mapeamento de solo, sistemas de detecção de fungos e bactérias, variações meteorológicas e climáticas. Para esse propósito, sistemas inteligentes de computação extraem expressivos volumes de informações relevantes para base de conhecimento e aplicações posteriores direcionadas” (RODRIGUES et al. 2018, p. 72).

Monitoramento da saúde animal:

O uso de tecnologias para monitoramento da saúde animal é um progresso para a identificação precoce de doenças, o que torna a atividade mais eficiente e produtiva. Por meio de microchips instalados no gado é possível, utilizando *machine learning*, determinar a localização do animal, detectar cio e monitorar a saúde.

“Sabemos que, quanto mais cedo tratamos uma vaca doente, mais rápido ela se recupera. Há também outros benefícios potenciais, como menor uso de antibióticos, menor período de descarte de leite, menor impacto na produção e no risco de descarte. Tecnologias de precisão como SMARTBOW permitem identificar vacas doentes até 3 dias antes do diagnóstico clínico, mesmo quando realizado por equipes experientes.” (MILKPOINT, 2019).

Marketplaces de venda de produtos e serviços agrícolas:

Os *marketplaces* são plataformas online que mais cresceram com a digitalização. Eles possibilitam transações entre empresas (B2B), entre empresas e consumidores (B2C) e entre consumidores e consumidores (C2C). O acesso à essas plataformas foi facilitado, nos últimos anos, com a popularização dos smartphones e do acesso à internet por um número maior de produtores. Por meio dos *marketplaces* o produtor pode comercializar sua produção, comprar sementes, insumos, máquinas e equipamentos agrícolas, além de realizar orçamentos, contratar serviços e alugar equipamentos. Algumas dessas plataformas ainda contam com um serviço de consultoria, para que o produtor possa ter informação técnica sobre qual produto escolher.

O próprio Facebook atua como uma ferramenta de *marketplace*, possibilitando que os agricultores divulguem em grupos de compra e venda sua produção e, também, compre insumos e faça orçamentos.

Serviços Financeiros:

Através da tecnologia de *blockchain*, que fornece alta seguridade para transações digitais e armazenamento de dados, as empresas estão criando plataformas online para

contratação de seguros agrícola e financiamento da produção. A empresa Bart Digital, por exemplo, possibilita ao agricultor emitir, assinar e registrar uma Cédula de Produtor Rural (CPR), utilizada nas operações de barter, sem sair da fazenda para ir ao cartório ou ao banco.

Plataformas Digitais:

O desenvolvimento de aplicativos com soluções agrícolas cresceu muito nos últimos anos, acompanhando o aumento do uso de aparelhos celulares pelos agricultores. Através do levantamento de plataformas digitais disponíveis para os produtores rurais, identificou-se pelo menos 32 aplicativos utilizados ou recomendados para uso. De forma sintética, os aplicativos são apresentados no Quadro abaixo.

Tabela 1 - Aplicativos agropecuários e formas de aplicações.

Atividade	Área	Aplicativo
Agropecuário	Gestão e planejamento	AEGRO; WebGIS; General do Campo; Gestão Agro; Lynx Dashboard; <i>Pecuário</i> : 4Millk
	Irrigação	FieldNET; Jacto SmartSelector; TeeJet
	Biológico	Adama Alvo; AgroApp - Aplicações de fungicida; Agrobasso Fungicida; AgroMapp; AgroPocket; Consórcio Antiferrugem; FMC Agrícola; FOXBayer; Freitas - Fungicida em Soja; Yara CheckIT; <i>Pecuário</i> : Bovcontrol; Bovinews; Ciclo Suplementação Minerthal; Jetbov
	Comercialização (Marketplaces)	Cotações Ceasas & Ceagesp; ProHort Cotações Ceasas; <i>Agropecuário</i> : AgroMercado; Revista Globo Rural; BNDES financiamento
	Informações comerciais	Cotações Ceasas & Ceagesp; ProHort Cotações Ceasas; <i>Agropecuário</i> : AgroMercado; Revista Globo Rural

Fonte: Elaboração própria com base no levantamento na Play Store de aplicativos disponíveis para o produtor.

Insumos, controle de pragas e melhoramento genético:

A criação de ferramentas online para recomendações técnicas de insumos agrícolas e melhor data para pulverização podem reduzir o tempo de ação do agricultor em situações de pragas na plantação e otimizar a utilização de insumos. Com a utilização de algoritmos e bancos de dados é possível fornecer informações sobre diversas culturas e doenças.

A utilização de tecnologia de sensores e IoT também auxiliam no processo. A Agrosmat, empresa sediada em Campinas, desenvolveu um aplicativo que, conectado a uma armadilha de pragas, ajuda o produtor a aplicar o defensivo agrícola no momento certo e na

quantidade exata, para obter maior eficiência no combate às pragas com menor custo e impacto ao meio ambiente.

Na pré-produção o agricultor também pode utilizar das novas tecnologias para produzir cultivares mais resistentes ao estresse hídrico, às variações climáticas e novas doenças que podem surgir. Entre essas tecnologias está o CRISPR-Cas, de edição genômica, que permite a edição de genes.

“Um grande exemplo são os algodoeiros geneticamente modificados, que contribuem para o controle de plantas daninhas. A ideia consistiu em criar cultivares tolerantes a herbicidas, como o glifosato e glufosinato de amônio. Assim, os produtos podem ser aplicados para a eliminação de daninhas sem que o algodoeiro seja afetado.” (JACTO, 2018).

Gestão da atividade agrícola:

Os *softwares* e aplicativos de gestão agrícola visam o armazenamento e monitoramento de informações da fazenda como estoque de produtos, data de pulverização, data de colheita, data de plantio, movimentações financeiras, controle de maquinário, visualização de mapas e dados de campo, entre outros. As ferramentas também geram indicadores econômicos e produtivos. A tecnologia permite que o produtor controle as informações de forma mais simples, inclusive pelo celular e offline, para poder detectar possíveis gargalos na produção.

Rastreamento de alimentos:

Também pela utilização da tecnologia de *blockchain*, com coleta de dados de informações em toda a cadeia de fornecimento, é possível o rastreamento de todas as movimentações do produto desde o insumo até o consumidor. Esse registro auxilia o produtor a atender ao aumento das exigências socio ambientais e sanitárias de segurança do alimento. Através do rastreamento também é possível que os reguladores identifiquem a fonte de contaminação dos alimentos, de maneira rápida e assertiva, em casos de incidente. A empresa SafeTrace já disponibiliza essa tecnologia para grandes supermercados, como Carrefour e Walmart.

“Para assegurar a procedência e a qualidade da carne bovina, com transparência para todos os elos da cadeia produtiva, o sistema desenvolvido pelo CPQD e Safe Trace cria uma identidade digital baseada em Blockchain para cada boi a ser rastreado. É por essa identidade que as informações sobre o animal, bem como sobre formação de lotes de produção, movimentações, dados sanitários, de qualidade e transformação em produtos, são trocadas entre os diversos atores dessa cadeia, o que envolve desde a fase de produção na fazenda, o processamento na indústria (quando ocorre a identificação de cada uma das partes do boi) até a disponibilidade da carne no varejo. Com

isso, cria-se uma trilha de auditoria, confiável e segura, da procedência do animal.” (CPQD, 2019).

4.2 O cenário atual

Há uma dificuldade no Brasil de se realizar mapeamentos dos agricultores por conta das profundas diferenças estruturais em suas regiões, indicando que os entraves encontrados pelos produtores também se diferem de acordo com a sua região. Mesmo o Censo Agropecuário, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ainda não traz resultados específicos sobre a adoção de tecnologias digitais ou agricultura de precisão.

Para se chegar à panorama mais aproximado da realidade dos produtores quanto à utilização das tecnologias digitais serão utilizados três trabalhos realizados por instituições distintas. O primeiro é um estudo elaborado pela Embrapa, Agricultura Digital no Brasil (2020) o segundo é uma pesquisa elaborada pelo Sebrae, Tecnologia da Informação no Agronegócio (2017), e o terceiro um levantamento feito pela *McKinsey & Company*, A Mente do Agricultor Brasileiro na Era Digital (2020).

Com o objetivo de traçar um panorama sobre as tecnologias digitais utilizadas na agricultura, os principais desafios e expectativas do setor, a Embrapa, em parceria com o Sebrae e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), realizou, em Julho de 2020, uma pesquisa online com produtores rurais de diversos setores produtivos, empresários e prestadores de serviços em agricultura digital de todas as regiões do Brasil. A consulta online obteve 753 questionários completos respondidos, sendo 504 por agricultores e 249 por empresas ou prestadores de serviço. Regionalmente, 32,5% dos participantes da pesquisa foram do Sudeste, 28% do Sul, 26,2% do Nordeste, 8% do Centro-Oeste e 5,3% do Norte. (EMBRAPA, 2020)

A pesquisa identificou que 84,1% dos participantes já utilizam pelo menos uma tecnologia digital no processo produtivo, sendo as mais utilizadas: uso de internet para atividades gerais ligadas à produção agrícola (~70%), aplicativos de celular ou programas de computador (WhatsApp e Facebook) para obtenção ou divulgação de informações da propriedade e produção (~57%) e aplicativos de celular ou programas de computador para gestão da propriedade e produção (~22%).

Tabela 2 - Quais tecnologias digitais você utiliza?

<i>Tecnologia</i>	<i>~%</i>
Internet para atividades gerais ligadas à produção	70%

Aplicativos ou programas para obtenção ou divulgação de informações (Whatsapp e Facebook)	57%
Aplicativos ou programas para gestão (Doutor Milho ou Roda da Produção)	22%
GPS na propriedade (sistemas de posicionamento global por satélite)	21%
Dados ou imagens fornecidos por sensores remotos	19%
Dados ou imagens fornecidos por sensores no campo	18%
Máquinas ou equipamentos com eletrônica embarcada	12%
Sistemas automatizados ou robotizados para uso na produção	10%
Mapas digitais de produtividade ou informações localizadas geograficamente	8%
Nenhuma	6%
Outros	18%

Fonte: Adaptado de Embrapa (2020).

As principais funções das tecnologias utilizadas pelos produtores são: obtenção de informações e planejamento das atividades da propriedade (~66%), gestão da propriedade rural (~43%), compra e venda de insumos, de produtos e da produção (~40%) e mapeamento e planejamento do uso da terra (~32%).

Tabela 3 - Quais são as principais funções das tecnologias em agricultura digital que você utiliza?

<i>Função</i>	<i>~%</i>
Obtenção de informações e planejamento da propriedade	65%
Gestão da propriedade rural	45%
Compra e venda de insumos, de produtos e da produção	43%
Mapeamento e planejamento de uso da terra	35%
Previsão de riscos climáticos	33%
Bem-estar animal	23%

Estimativas de produção e/ou produtividade	22%
Detecção e/ou controle de deficiências nutricionais	20%
Estimativas de produção e/ou controle de doenças	20%
Detecção e/ou controle de pragas	19%
Certificações e rastreabilidade de produtos agrícolas	19%
Detecção e/ou controle de plantas daninhas	15%
Detecção e/ou controle de falhas operacionais	15%
Detecção e/ou controle de áreas com déficit hídrico	9%
Outros	6%

Fonte: Adaptado de Embrapa (2020).

Entre os maiores desafios para acesso e uso dessas tecnologias estão: valor do investimento para aquisição (~67%), problemas ou falta de conexão à internet (~47%), valor para contratação de prestadores de serviços especializados (~44%) e a falta de conhecimento sobre as tecnologias mais apropriadas (~41%).

Tabela 4 - Quais as dificuldades para acesso e uso das tecnologias digitais?

<i>Dificuldade</i>	<i>~%</i>
Valor do investimento	65%
Problemas ou falta de conexão à internet	49%
Valor para contratação de prestadores de serviço especializados	47%
Falta de conhecimento sobre as tecnologias mais apropriadas	45%
Custos operacionais, manutenção e atualização	38%
Acesso a créditos para aquisição de máquinas e equipamentos	37%
Falta de capacitação própria	37%
Poucas ferramentas e tecnologias para aplicação na produção	30%

Obtenção de mão-de-obra qualificada e especializada	26%
Tamanho da propriedade e condições físicas de solo e relevo	25%
Custos maiores que os benefícios econômicos observados	24%
Falta de informações dos fornecedores comparando custos	20%
Falta de comprovação dos benefícios econômicos	19%
Incompatibilidade de equipamentos/tecnologias	15%
Outros	2%

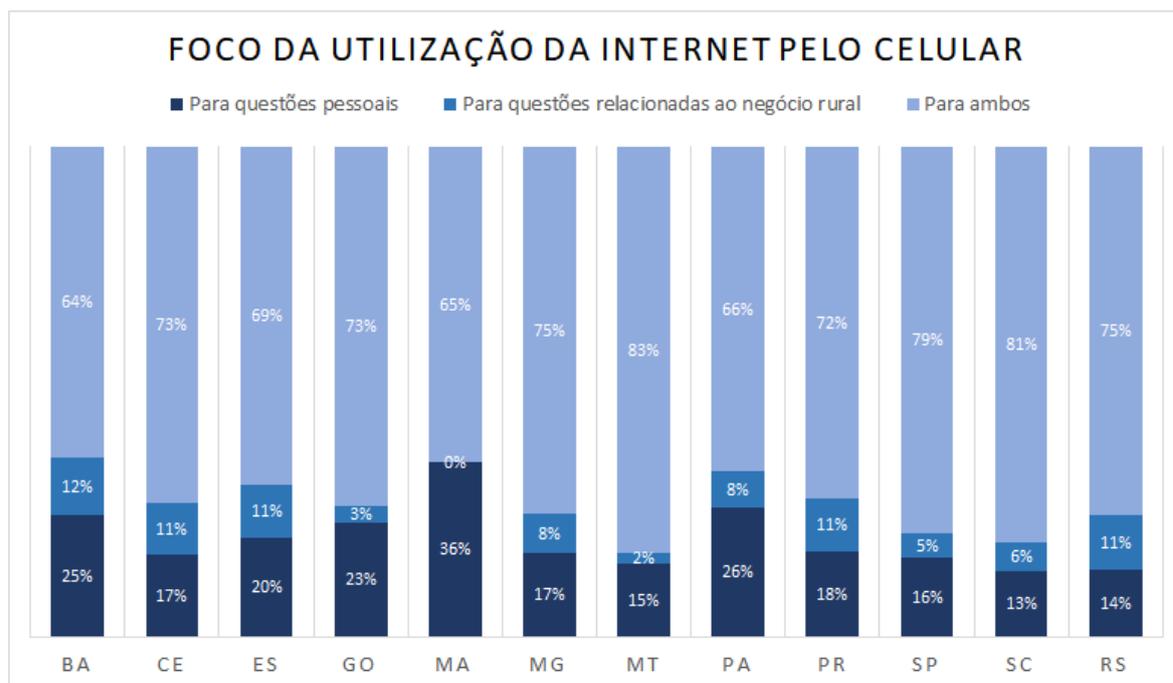
Fonte: Adaptado de Embrapa (2020).

Quando perguntado sobre as principais vantagens da utilização dessas tecnologias as respostas obtidas foram: aumento da produtividade, maior eficiência da mão de obra, maior qualidade da produção e redução do impacto ambiental.

Do lado dos empresários a maioria declarou que tem como principal cliente associações, cooperativas, sindicatos ou ONGs (52%). As principais tecnologias utilizadas ou fornecidas foram: aplicativos de celular ou programas de computador para obtenção e divulgação de informações relacionadas à propriedade ou à produção (62,2%), fornecimento de internet para atividades ligadas à produção (61,4%) e serviços de GPS nas propriedades (40,6%). Dentre as tecnologias que ainda não fornecem, mas gostariam de incorporar ao portfólio de venda estão: aplicações de dados ou imagens de sensores de campo sobre planta, animal, solo, clima, doenças ou pragas (46,6%), inteligência artificial (35,5%) e mapas digitais (31,3%).

O Sebrae também elaborou, em 2017, uma pesquisa com 4472 produtores rurais de todas as regiões do país, com o objetivo de identificar o grau de acesso à tecnologia da informação e comunicação (TIC) por parte dos agronegócios. O levantamento identificou que mais de 90% dos agricultores entrevistados utilizam o celular e quando perguntado qual a finalidade da utilização da internet os agricultores, em sua maior parte, responderam que a utilização se destina para tanto fins pessoais quanto para questões relacionadas ao negócio rural.

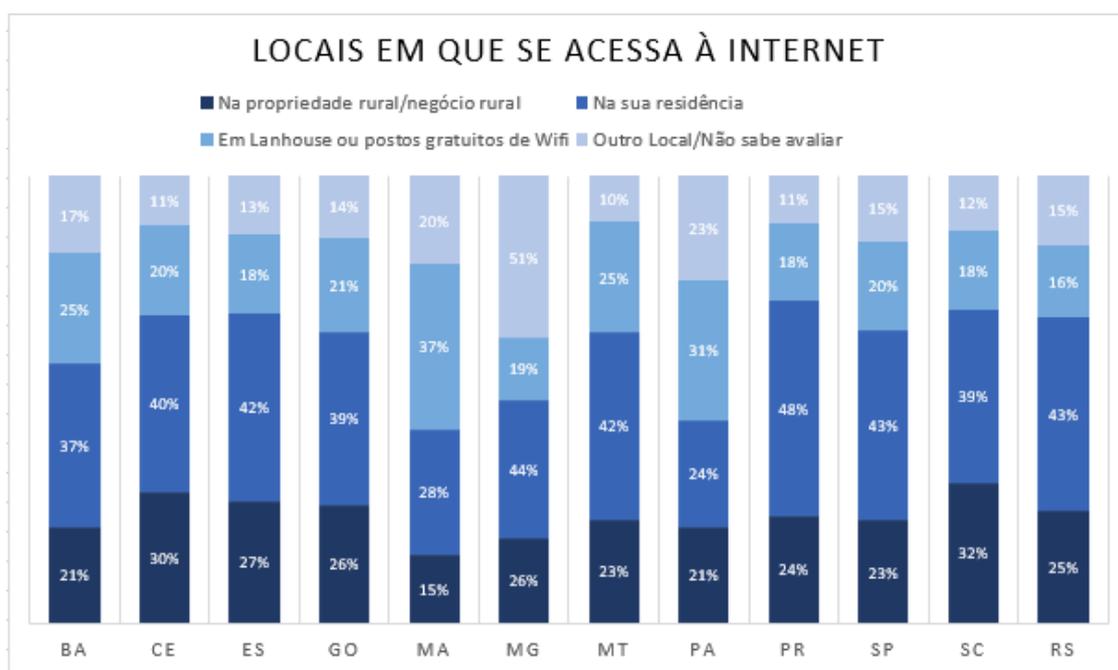
Figura 8 - Foco da utilização da internet pelo celular.



Fonte: Adaptado de Sebrae (2017).

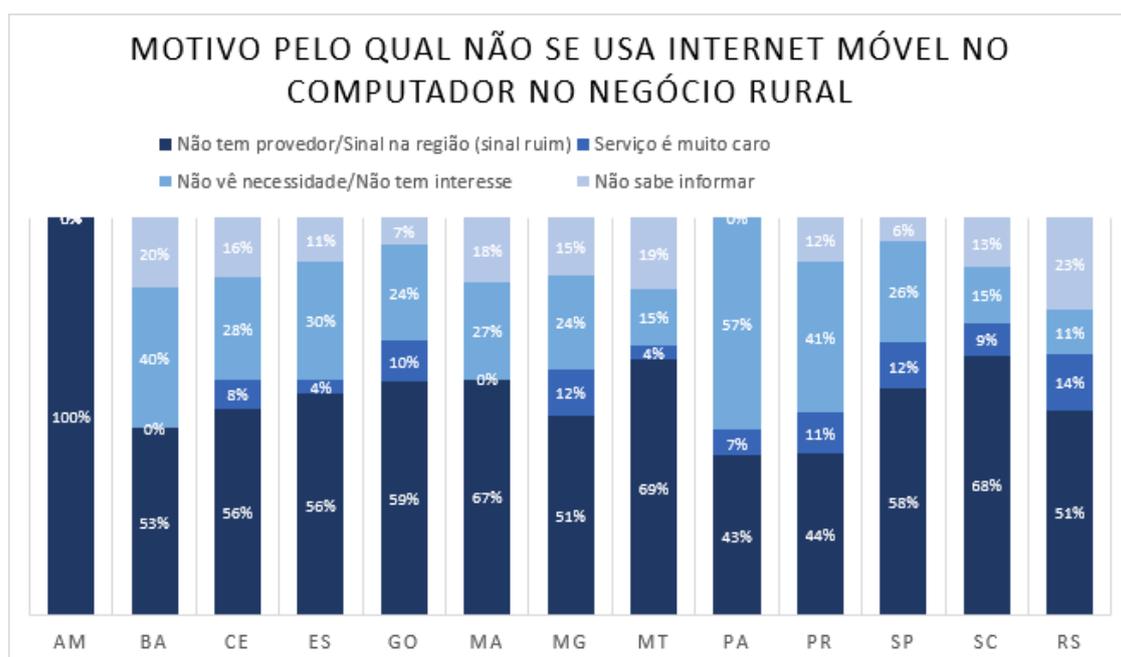
O estudo também contempla dados de utilização de computadores pelos agricultores. Cerca de 40% dos produtores utilizam computador. Quanto ao local de utilização dos mesmos, apenas cerca de 20% utiliza na propriedade rural. Dos que não utilizam na propriedade rural, não o fazem pela ausência ou baixa qualidade do provedor.

Figura 9 - Locais em que se acessa à internet.



Fonte: Adaptado de Sebrae (2017).

Figura 10 - Motivo pelo qual não se usa internet móvel no computador no negócio rural.



Fonte: Adaptado de Sebrae (2017).

A pesquisa dá indícios de que o agricultor está caminhando para uma maior inserção digital, principalmente quando analisado os dados de utilização dos celulares. Porém, a

infraestrutura de internet dentro da propriedade rural ainda é limitada, com uma parcela muito grande desprovida de conexão.

A pesquisa elaborada pela *McKinsey & Company* teve como objetivo verificar o nível de integração digital dos produtores. A amostra foi focada majoritariamente em regiões tradicionais do setor agrícola brasileiro com 750 produtores entrevistados, distribuídos em 11 estados diferentes e com o recorte de produtores de 5 tipos de cultura agrícola (algodão, grãos, verduras e legumes, cana-de-açúcar e café), que representam mais de 80% da área cultivada no Brasil.

Os resultados mais gerais da pesquisa foram:

- 85% dos agricultores utilizam WhatsApp diariamente para fins relacionados à agricultura, mesmo no grupo com menor alfabetização;
- 71% dos agricultores pesquisados usam canais digitais diariamente para questões relacionadas à fazenda, além da busca de informações, com 97% dos agricultores das novas fronteiras (algodão e grãos no MATOPIBA) liderando essa tendência;
- 34% dos agricultores pesquisados fazem compras online para a fazenda;
- Infraestrutura digital, segurança digital e experiência do usuário são os principais gargalos para maior penetração; Apenas 23% tem acesso completo à internet em toda a operação agrícola e esse valor cai para 13% se analisado apenas Grãos - Cerrado, Grãos - MATOPIBA e Algodão.
- 33% do total dos agricultores estão dispostos a comprar sementes, fertilizantes e defensivos online. O principal desafio identificado para aumentar esse valor é a incerteza de que o fornecedor entregará a tempo os insumos.
- Em relação à planejamento de safra: 28% dos agricultores desejam crescer por meio da expansão das terras cultiváveis e 16% por meio de ganhos de produtividade, sendo os produtores de Grãos - Cerrado os mais dispostos a expandir a produção por meio do aumento da produtividade (25%). Os lucros são reinvestidos, majoritariamente, em novas máquinas e insumos.
- Em relação à financiamento e gestão de riscos: Agricultores de pequena escala alavancam recursos próprios para financiar a safra, enquanto produtores de larga escala precisam diversificar as fontes (bancos, cooperativas e fornecedores de insumos). O *barter* se destaca como um mecanismo importante de financiamento e mitigação de riscos, cerca de 36% dos agricultores realizam.

- Em relação à aquisição de insumos: 43% dos agricultores experimentam regularmente novas marcas de insumos em busca de maior produtividade.
- Em relação à aquisição de maquinário: 56% dos agricultores pesquisados consideram os custos de compra, manutenção e operacionais como a principal alavanca de decisão para a aquisição de maquinário. A maioria possui maquinário próprio, sendo que 53% dos agricultores pesquisados indicaram que já usam ou pretendem usar tecnologia de precisão, percentual que já alcança 75% dos agricultores de Algodão e de Grãos-Matopiba.
- Em relação à inovação e tecnologia: Os pioneiros na adoção da agricultura de precisão no Brasil são produtores de cultivo de larga escala e/ou agricultores mais jovens. A falta de entendimento das capacidades completas do produto, não utilizam 100% do que o produto oferece. Os agricultores tradicionais são mais conservadores em relação à novas tecnologias. 47% dos agricultores entrevistados usam pelo menos uma tecnologia de agricultura de precisão, enquanto 33% usam 2 ou mais.
- Em relação à comercialização: A comercialização está concentrada em poucos compradores, 74% dos produtores vendem para 3 compradores ou menos. 1 em cada 3 agricultores já consideram vender parte da sua produção online.
- Em relação a sustentabilidade: Mais de 45% dos exportadores são solicitados a obter certificações para atender às exigências dos compradores.

Através dos três relatórios podemos identificar os principais desafios para a difusão das tecnologias entre os produtores. As dificuldades levantadas pelas pesquisas podem ser agrupadas em 4 grupos: (i) dimensão econômica e financeira; (ii) conectividade; (iii) informação, conhecimento e capacitação; (iv) características da tecnologia. A dimensão econômica se apresenta como desafio tanto na obtenção de crédito (mais elevado para os pequenos produtores), quanto para valor de aquisição de serviços, custos operacionais e de manutenção. O problema das características da tecnologia é devido à baixa disponibilidade de tecnologias para aplicação na produção e pela incompatibilidade de tecnologias para o processamento de dados, sendo essa mais sentida pelos grandes produtores.

4.3 Ecossistema de inovação e iniciativas público-privadas

O ecossistema de inovação do setor agrícola está integrado por pelo menos 5 núcleos mais relevantes, três dos quais responsáveis pelas inovações e dois de suporte: (i) grandes empresas produtoras de máquinas, equipamentos e insumos, responsáveis pela

desenvolvimento e introdução de algumas das tecnologias-chaves que ancoram a agricultura 4.0; (ii) o ecossistema das startups agro e das AgTechs, integrados por um grande número de pequenas empresas de base tecnológica, a maioria emergente, e que rapidamente vêm se consolidando como um dos pilares da transformação digital no agro; (iii) as universidades e centros/institutos de pesquisa, que se mantêm como outro dos pilares e que alimentam, de forma direta e indireta, os demais núcleos do ecossistema; (iv) agências do estado, da sociedade civil e organizações corporativas, que dão suporte aos núcleos de inovação; (v) investidores. A integração entre esses agentes é fundamental para acelerar a difusão e validação das novas tecnologias. Atualmente há diversas iniciativas público-privadas sendo desenvolvidas com esse objetivo.

Em 2019, segundo o Radar AgTech Brasil 2019, elaborado pela Embrapa, o Brasil contava com 1125 startups atuando no agronegócio, em todos os segmentos da cadeia produtiva, com 532 empresas focadas na pós-produção agropecuária (47%), 397 em atividades dentro das fazendas (35%) e 196 empresas com atuação antes da fazenda (18%). É notável que a presença das AgTechs seja mais marcante nos segmentos mais desafiadores, mais intensivos em ciência e tecnologia e com maior potencial inovativo.

“Essas empresas inovadoras de base tecnológica, também chamadas de agtechs, são um dos pilares do ecossistema de inovação do agronegócio brasileiro, formado ainda por universidades, centros de pesquisa, grandes companhias agropecuárias, fabricantes de insumos e equipamentos agrícolas e investidores.” (FAPESP, 2020).

O ecossistema que se formou no Brasil para geração de tecnologias da Agricultura 4.0 segue uma lógica distinta do que foi responsável pela modernização agrícola entre 1975-2015. O perfil das startups beneficiadas com os aportes de capital privado são as que oferecem produtos e soluções que encontram demanda de grandes empresas ou grandes produtores e suas tecnologias desenvolvidas não necessariamente têm difusão em grande escala para pequenos produtores.

Já os investimentos provenientes da iniciativa pública seguem uma lógica distinta, com parcerias em projetos para identificar e analisar as limitações dos produtores, capacitar e democratizar as informações para uma linguagem e plataforma mais simples que facilitem o seu acesso. Mas investimentos com esse perfil têm escasseado, seja devido à restrição fiscal que tem limitado a capacidade de financiamento do Estado seja por opção estratégica das agências de fomento vinculadas ao setor público, que têm adotado um viés de mercado e favorecido projetos com maior apelo de viabilidade econômico-financeira em detrimento daqueles voltados para grupos mais vulneráveis e que poderiam ter maior impacto social e

econômico, mas cuja viabilidade demandaria maior tempo de maturação e também maior apoio financeiro. No geral, há uma orientação das inovações fundamentalmente por parâmetros do mercado, sejam oriundas de instituições públicas ou privadas.

Hubs de Inovação – Startups, universidades e empresas privadas

O surgimento de Hubs de inovação, como o Pulse da Raízen e a AgTech Garage, ambos em Piracicaba, propõe interligar todos esses agentes do ecossistema para agilizar a validação de novas tecnologias e sua difusão. Esses *hubs* estão localizados em cidades que já são polos tecnológicos, de âmbito nacional ou regional/local, e já contavam com ecossistemas de inovação consolidados ou em estágio avançado de formação. Como destacado pelo fundador do hub de inovação AgTech Garage, as startups conseguem assimilar rapidamente as novas tecnologias, testar e colocar no mercado novas soluções para os produtores. “Se no passado o modelo de inovação estava alicerçado em grandes empresas e centros de pesquisa, hoje ele passa necessariamente pelas startups, muitas delas nascidas e apoiadas por universidades” (FAPESP, 2020). O Pulse já contabiliza 28 startups residentes e conta com a parceria de empresas como Vivo, Ericsson e EsalqTec, a incubadora de empresas da Esalq. O Agrihub, localizado no Mato Grosso, busca atrair os agricultores locais para esse ecossistema de inovação e para isso conta com instituições como a Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso (Famato), o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar-MT) e o Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária (Imea).

Tabela 5 - Onde estão localizados os Hubs de inovação na agricultura?

	São Paulo	Mato Grosso	Paraná	Minas Gerais
	AgTech Garage			
	Avance			
Hubs	EsalqTec	Agrihub	SRP Valley	Celeiro
	Pulse			
	Usina de Inovação de Monte Alegre			

Fonte: Elaboração própria com base no levantamento dos principais hubs de inovação agrícola.

Projeto Agro 4.0 - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI)

O Projeto Agro 4.0 é uma consulta pública coordenada pela ABDI com o objetivo de coletar informações e sugestões de produtores rurais, agroindústrias e entidades parceiras para seleção de projetos pilotos de adoção e difusão de tecnologias digitais na cadeia do agronegócio para aumento da produtividade. Os projetos pilotos são voltados para os produtores rurais ou

indústrias do setor agropecuário, que deverão submeter as propostas em parceria com alguma entidade, que podem ser associação, cooperativa, universidade, parque tecnológico etc., com enfoque em quatro categorias: insumos, produção e colheita, processamento e integração a cadeia de valor.

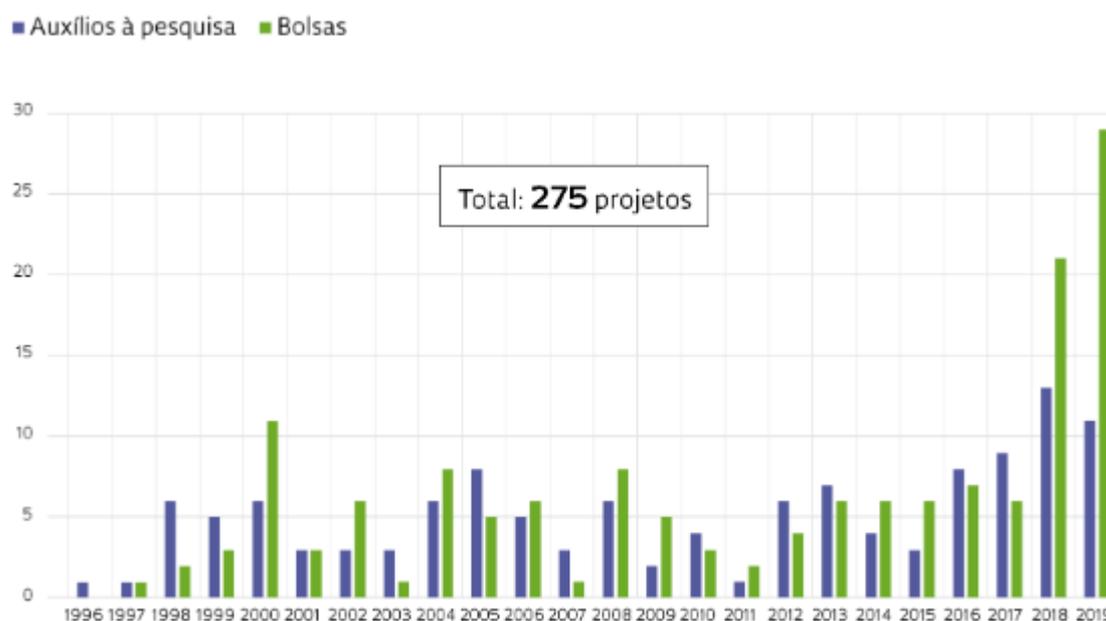
Projeto AgroUp - Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) e Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR)

Projeto desenvolvido pelo SENAR e pela CNA em cinco Estados brasileiros (Rondônia, Bahia, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Minas Gerais) para conectar diferentes atores do ecossistema para identificar as reais necessidades dos produtores, desenvolver soluções e implementá-las na fazenda. Esse processo é realizado por meio da promoção de maratonas chamadas de Hackathon, em que vários candidatos se inscrevem e tem cerca de 50h para desenvolver soluções para os desafios propostos.

Concessão de Bolsas para Agricultura de Precisão - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)

FAPESP concede, todos os anos, diversas bolsas e auxílio para projetos de pesquisa na área de Agricultura de Precisão.

Figura 11 - Quantidade de auxílios e bolsas, por ano de início, em Agricultura de Precisão.



Fonte: Revista Fapesp (2020).

Os projetos TechStart e Pontes para Inovação são exemplos de iniciativas para integrar os elos do ecossistema de inovação através da seleção de Startups inovadoras e sua conexão com fundos de investimento ou investidores-anjo. O projeto já está em sua terceira edição.

“Para a terceira edição, além da possibilidade de captar investimentos financeiros, as empresas selecionadas poderão receber suporte de gestão via aceleradoras de negócios, participar de rodadas de negócios com as empresas parceiras e, também, negociar sua instalação em ambientes de inovação como o Parque Tecnológico de Brasília (BioTIC) e o FoodTech Hub.” (AGEVOLUTION, 2020).

Câmara Agro 4.0 – MAPA

Iniciativa criada pelo MAPA para discutir estratégias de implementação de conectividade e tecnologias digitais com foco em IoT no campo. A intenção do projeto é fomentar a aquisição de tecnologias inovadoras no segmento. O principal foco são ações para a expansão da internet no meio rural.

ConectarAgro – empresas privadas

O ConectarAgro é uma iniciativa de grandes oito empresas privadas do ramo agro e de telecomunicações (AGCO, Climate Field View, CNH Industrial, Jacto, Nokia, Solinftec, TIM e Trimble) que foi anunciada durante o Agrishow de 2019. Essa iniciativa busca promover uma solução tecnológica para a expansão do acesso à internet ao campo brasileiro por meio da instalação de antenas 4G.

“Em menos de um ano de seu lançamento, o programa ConectarAGRO ultrapassou a meta de promover a conectividade banda larga 4G ao campo. O objetivo inicial era disponibilizar a conectividade em cinco milhões de hectares e o resultado foi cinco milhões e 100 mil hectares, cumprindo a meta estabelecida pela iniciativa, que segue os conceitos de tecnologia aberta, simples e acessível, usando a faixa de 700MHz, padrão global que permite a cobertura com melhor compromisso entre abrangência e capacidade.” (CONNECTARAGRO, 2019).

Plataformas Embrapa

Além de produzir novas tecnologias, a Embrapa é fundamental no processo de difusão delas para o produtor. Programas de rádio, TV, seminários, visitas à campo, cartilhas e folders são alguns dos métodos utilizados para tanto. Com a digitalização, a Embrapa também desenvolveu uma série de aplicativos e websites para atingir um número maior de produtores.

Alguns exemplos são:

- Aplicativo roda da reprodução: permite acompanhar o crescimento e o peso das novilhas e bezerras e monitorar de maneira simples os estágios produtivos e reprodutivos das vacas.

- Website WebAmbiente: é um sistema de informação interativo para auxiliar tomadas de decisão no processo de adequação ambiental da paisagem rural e contempla o maior banco de dados já produzido no Brasil sobre espécies vegetais nativas e estratégias para recomposição ambiental. Auxilia produtores rurais a simular a adoção de técnicas de recomposição, projetar resultados e riscos esperados além de formas de monitoramento dos plantios por pelo menos dez anos da intervenção.
- Aplicativo Zarc - Plantio Certo: mostra as melhores datas de plantio de 43 culturas. Ele recupera dados do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), que é um instrumento de política agrícola e gestão de riscos na agricultura. Possibilita identificar a melhor época de plantio das culturas, nos diferentes tipos de solo e ciclos das culturas, de acordo com as características e necessidades de cada cultura.
- Aplicativo Bioinsumos: busca consolidar um catálogo nacional de bioinsumos para facilitar e promover o acesso à informação sobre os produtos disponíveis para uso e como encontrá-los.
- Aplicativo Nutrisolo: auxilia na recomendação de adubação e calagem do solo para as culturas de abacaxi, banana, citros e mandioca no Amazonas.
- Aplicativo DoutorMilho: oferece uma série de sugestões de manejo para cada fase de desenvolvimento do milho.
- Aplicativo Agritempo: permite aos usuários o acesso às informações meteorológicas e agrometeorológicas de diversos municípios e estados brasileiros. Mapas de monitoramento, mapas de previsão de tempo, mapas de índice de seca e histórico de chuvas.
- Sistema Diagnose Virtual: com o objeto de subsidiar os agricultores em suas decisões sobre o manejo de doenças, possibilita o diagnóstico das mesmas via internet, além do uso racional de agrotóxicos, possibilitando redução de custos de produção.

Infraestrutura de conectividade – CPQD

A edição de janeiro de 2020 da Revista Pesquisa FAPESP também traz um exemplo de parceria para desenvolvimento de infraestrutura de conectividade. A Usina São Martinho, em Pradópolis (SP), em parceria com o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPQD) de Campinas (SP), desenvolveu uma rede 4G própria para dar suporte à transmissão de dados na fazenda. O sistema utiliza a tecnologia de transmissão *Long Term Evolution* (LTE) otimizada para áreas remotas, que possibilita um sinal 4G em raios de até 30 quilômetros a partir de suas estações de rádio-base. Esse sistema possibilitou a conexão

de *Wi-Fi* com tablets, drones e outros instrumentos. Um *software* para IoT, também criado pelo CPQD, permite a troca de dados entre os aparelhos. Esse mesmo projeto está sendo testado em outras quatro propriedades rurais em MG. Além disso, o CPQD já licenciou a tecnologia de conectividade rural, formada por hardwares e softwares e o primeiro negócio fechado foi com a John Deere.

Parceria TIM e Agrosmart

A TIM firmou, em 2020, uma parceria com a AgTech Agrosmart para ampliar a oferta de soluções para o agronegócio para tornar a cadeia mais produtiva. Com o acordo, os clientes da operadora vão ter acesso a soluções oferecidas pela AgTech. O projeto foi feito para complementar a projeto de 4G no campo, que a TIM já faz parte. Inicialmente o projeto focará em grandes grupos agrícolas e, em um segundo momento, produtores de todos os tamanhos. O diretor de Marketing Corporativo e IoT da TIM, Alexandre Dalforno, também comentou que a empresa pretende ter no seu portfólio parcerias com dez startups e a próxima será anunciada ainda nesse ano.

“As soluções criadas pela Agrosmart coletam dados de diferentes fontes, como de estações meteorológicas conectadas na rede NB-IoT, sensores de solo, caderno de campo e de integrações com o legado da fazenda. Essas ferramentas analisam as informações em tempo real e geram recomendações aplicáveis para diferentes players do agronegócio.” (GLOBO RURAL, 2020).

Ao contrário da experiência histórica da agricultura brasileira, na qual a modernização foi fundamentalmente induzida e coordenada pelas políticas públicas, as inovações associadas à Agricultura 4.0 tiveram origem no mercado, sem participação direta do Estado, por iniciativa de empresas e instituições privadas atuando e competindo em vários segmentos da indústria e do agronegócio. Atualmente há um crescimento das parcerias entre instituições público-privadas para a geração e difusão das tecnologias Agricultura 4.0, porém, ainda se apresentam em estágio inicial, vide o projeto do governo da Câmara do Agro 4.0 que foi lançado apenas em 2019. Além disso, o foco é maior na geração de tecnologias do que na efetiva difusão das mesmas, demonstrando que ainda há um espaço grande de atuação a ser ocupado.

5. Desafios e Oportunidades da Agricultura 4.0

O Brasil transformou-se em um grande *player* na agricultura mundial e para se manter protagonista é necessário considerar as inovações em todos os elos da cadeia produtiva. Masshurá (2018) destaca que o crescimento futuro dependerá, fundamentalmente, da capacidade de manter o crescimento da produtividade e de enquadrar a dinâmica do agronegócio às cada vez mais rigorosas exigências da sociedade global, sintetizadas pelo paradigma dos 3S, S de saúde humana, ambiental e animal e S de segurança alimentar e S de seguridade dos alimentos. Com pandemia do COVID-19 essas exigências foram mais intensificadas.

“Hoje, para o país continuar protagonista no mercado internacional e interno, produzindo alimentos, precisa cada vez mais agregar valor ao seu processo produtivo. Se a gente considerar o procedimento desde a pré-produção, a parte de insumos, o melhoramento genético; a produção, dentro da porteira; a pós-produção, que é a discussão logística, a tecnologia pode ajudar a melhorar todas essas etapas.” (MASSRUHÁ, 2018, pg. 6).

É inegável que os produtores já estão utilizando as novas tecnologias, e isso pode ser notado ao assistir noticiários, ler jornais ou blogs sobre agronegócio. Cada vez mais surgem empresas com soluções inovadoras em todas as etapas da cadeia e os benefícios são inegáveis. As pesquisas sobre acesso dos produtores às tecnologias, descritas na seção 5.2, comprovam esse cenário, com 84% dos entrevistados pela Embrapa confirmando a utilização de pelo menos uma tecnologia digital. Nessa mesma direção, 53% dos agricultores pesquisados pela *McKinsey* indicaram que já usam ou pretendem usar tecnologia de precisão, percentual que já alcança 75% dos agricultores de Algodão e de Grãos-Matopiba. A pesquisa também identificou o uso de drone para a realização de diagnósticos, principalmente pelos agricultores mais jovens, e a disposição para a adoção de tecnologias de precisão, incluindo o sensoriamento remoto, telemetria e Internet das Coisas (*IoT*). A partir das entrevistas realizadas junto aos especialistas é possível afirmar, com segurança, que a utilização é diferenciada, e que para a maior parte dos pequenos e médios produtores a internet e ferramentas derivadas é ainda subsidiária, ferramenta de consulta e apoio, enquanto para os maiores já se transformou em ferramenta de planejamento e gestão, como indicado por Bolfe.

Como apresentado na seção 4, os benefícios trazidos pela utilização de tecnologias são diversos e podem ser auferidos em toda a cadeia agrícola. Com a utilização de drones, sensores de solo e clima e estações meteorológicas o produtor pode realizar pulverização de maneira mais eficiente, otimizar a utilização de recursos naturais na lavoura, controlar os níveis de nutrientes no solo e identificar focos de incêndio e de doenças com maior rapidez e em estágios

iniciais; A utilização da tecnologias de rastreamento por *blockchain* pode auxiliar o produtor e outros integrantes da cadeia no atendimento às exigências ambientais e sanitárias de segurança do alimento; A tecnologia de *IoT* pode ajudar a integrar os dados obtidos de sensores, estações meteorológicas, máquinas e equipamentos, através da internet, em um sistema único de gestão para que o produtor tome suas decisões com base nos dados gerados; As plataformas de *marketplace* e aplicativos para celular oferecem soluções para gestão efetiva de estoques, movimentações financeiras, armazenamento de dados de campo, comercialização da produção, compra de sementes, insumos, máquinas e equipamentos agrícolas, além de realização de orçamentos, contratação de serviços e aluguel de equipamentos online.

A atual onda de inovação tecnológica está sendo marcada pela capacidade de inovação dos produtores e as condições de heterogeneidade estrutural da agricultura brasileira elevam o risco de aprofundamento da concentração e das desigualdades. Além das limitações de cunho social, os produtores ainda enfrentam limitações de infraestrutura, como a da conectividade no campo. Segundo estudo da ESALQ apenas 5% da área agricultável do país está conectada à internet. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) realizou uma pesquisa em 2019 e para ampliar a cobertura para 90% de todo o país seriam necessárias cerca de 16 mil torres de transmissão e um investimento de 6 a 8 bilhões de reais.

“No Brasil temos desde produtor preocupado com essa agricultura 4.0, até o que ainda está se iniciando na agricultura 3.0, a de precisão, e mais no Nordeste, o da agricultura 2.0. Temos essas realidades, mas precisamos pensar como o país pode se inserir nessa nova agricultura muito mais baseada em conteúdo digital e conectado. (MASSRUHÁ, 2018, pg. 11).

Entre os principais desafios para inclusão dos produtores, em especial pequenos e médios, nessa nova fase da Agricultura 4.0 estão: oferta de educação digital, capacitação, financiamento e infraestrutura.

Tabela 6 - Dificuldade de acesso a tecnologias da agricultura digital pelos produtores por tamanho de estabelecimento no Brasil - 2020

Tipo de dificuldade	0 a 20 ha	20 a 100 ha	+ de 100 ha
Valor do investimento para aquisição de máquinas	68%	69%	66%
Problemas ou falta de conexão à internet	47%	47%	55%
Falta de conhecimento sobre as tecnologias mais apropriadas para uso	41%	40%	44%

Valor do investimento para contratação de serviços	45%	45%	44%
Custos operacionais, manutenção e de utilização	36%	37%	35%
Obtenção de mão de obra qualificada	22%	31%	34%
Falta de capacitação própria em tecnologias de agricultura digital	34%	36%	34%
Acesso a créditos para aquisição de tecnologia	39%	28%	29 %
Baixa disponibilidade de tecnologias para aplicação na produção	31%	30%	24%
Falta da real comprovação dos benefícios econômicos	17%	10%	21%
Falta de informações dos fornecedores	18%	16%	21%
Incompatibilidade de tecnologias para o processamento de dados	11%	9%	21%
Custos da tecnologia de agricultura digital são maiores que os benefícios econômicos	25%	17%	20%
Tamanho da propriedade e condições físicas	28%	19%	13%
Outros	2%	1%	0%

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2020).

Educação Digital e Capacitação:

A educação é cada vez mais importante quando se trata de inovação e do ambiente digital. Saber interpretar dados gerados pelas tecnologias, saber utilizar novos aplicativos, *softwares* e máquinas, tudo isso requer acesso à treinamentos, profissionais especializados ou outras plataformas de acesso à informação. A falta de instrução pode levar também o produtor a adquirir tecnologias que serão subutilizadas, a *McKinsey* aponta que “a falta de entendimento das capacidades completas do produto e a falta de vendedores treinados ainda são vistos como limitando a adoção mais ampla” de inovação e tecnologia. Como foi mostrado na pesquisa elaborada pela Embrapa (ver Tabela 3), a falta de conhecimento sobre as tecnologias mais apropriadas e a falta de capacitação própria foram um dos maiores problemas apontados pelos produtores para o acesso às tecnologias.

Mesmo entre os grandes produtores há falta do conhecimento total dos benefícios oferecidos pelos equipamentos adquiridos, a *McKinsey* cita o depoimento de um produtor de grãos do Sul, que diz: “adquirimos maquinário tecnológico agrícola, mas não podemos usar

nem 10% do que ele oferece. Os fabricantes não dão as orientações adequadas e os técnicos que nos dão cursos de treinamento também não entendem a complexidade da nova tecnologia.”.

Esse problema é ainda maior quando falamos de produtores familiares. A aquisição de serviços e equipamentos que não são adequados, por falta de conhecimento, pode levar os agricultores à um endividamento e à um diagnóstico de que os custos da tecnologia de agricultura digital são maiores que os benefícios econômicos, como aponta a Tabela 5. Pelos dados do Censo Agropecuário 2017 podemos ver que em apenas 12% do total de estabelecimentos o produtor familiar concluiu o ensino médio e no caso da formação superior, apenas 2,7% têm curso superior completo. Ainda há uma discrepância nos valores por regiões do país, sendo Nordeste e Norte as regiões com porcentagens mais baixas. Em questão de acesso a orientação técnica os números não são muito melhores, sendo que apenas 18% do total declaram ter acesso. Esse déficit de conhecimento ressalta a importância da assistência técnica e da extensão rural, que infelizmente está longe de atender às necessidades.

Tabela 7 - Proporção de estabelecimentos, em percentual, da agricultura familiar com acesso as condições de infraestrutura em 2017.

Especificação	Brasil	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Energia elétrica	82,92	70,73	79,14	90,00	92,22	90,82
Internet	31,19	20,62	23,48	39,91	51,38	29,85
Informações técnicas	72,36	64,05	64,21	80,09	88,44	85,47
Ensino médio	12,40	12,94	9,37	15,34	15,03	19,23
Ensino superior	2,71	2,14	1,23	5,19	3,49	6,14
Orientação técnica	18,17	8,82	7,33	24,53	48,88	16,45

¹ Estabelecimentos que recebem informações técnicas por TV, internet, rádio, jornal, reunião etc.

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário 2017 (2020).

Infraestrutura:

Um ponto fundamental para o avanço da utilização de novas tecnologias é a disponibilidade de internet nos estabelecimentos agrícolas e qualidade deles. Quando falamos de tecnologias como a Internet das Coisas, a disponibilidade de internet para a conexão entre as máquinas e dispositivos é essencial.

“Se o agronegócio brasileiro, que responde por 1/4 de toda a riqueza gerada no país, quiser dar um novo salto de produção e de produtividade, será necessário investir e ampliar a conectividade no campo, porque o acesso às inovações que o mundo urbano já começa a se acostumar vai depender fortemente da maior conectividade no mundo rural.” (MORETTI, 2020)

Pelos resultados da pesquisa elaborada pela *Mckinsey & Company* podemos ver que o uso do celular é praticamente universal, 95% dos entrevistados têm internet na propriedade,

85% usam o aplicativo WhatsApp diariamente para fins relacionados à agricultura, mesmo no grupo com menor alfabetização, e 71% usa os canais digitais diariamente para questões relacionadas à gestão da fazenda. Porém, mesmo em pesquisas como a da *McKinsey*, cuja amostra inclui produtores mais inseridos nas cadeias mais dinâmicas do agronegócio, quando se trata de acesso à internet em toda a operação agrícola os números são consideravelmente mais baixos, apenas 23% têm acesso completo e nas regiões das fronteiras do cerrado, no Centro-Oeste e no Matopiba, o percentual é de apenas 13%. A pesquisa elaborada pelo Sebrae corrobora com esses dados, apontando que a maioria dos produtores entrevistados não acessa à internet pelo computador na propriedade rural por não ter provedor ou por baixa qualidade dele.

Financiamento:

O investimento em tecnologias digitais também não é baixo e demanda grandes aportes financeiros, tanto que foi o principal desafio apontado pelos produtores na pesquisa elaborada pela Embrapa (ver Tabela 3). Por conta disso, o grande produtor tem mais facilidade para acessar e financiar essas novas tecnologias e até para contratar pessoas capacitadas para trabalhar na área. A dimensão econômica é indicada como um obstáculo relevante, seja pela dificuldade de acesso ao crédito (bem mais elevada para os produtores com menos de 10 hectares (39%) do que para os médios (28%) e grandes (29%), seja devido ao valor do investimento para contratação de serviços (em torno de 45% em todos os grupos), custos operacionais, manutenção e utilização (em torno de 36% em todos), os custos da tecnologia de agricultura digital são maiores que os benefícios econômicos (25% dos produtores menores e 20% dos maiores) e até falta de real comprovação dos benefícios econômicos.

Os pequenos produtores também apontam como desafio o tamanho da propriedade e condições físicas, pois os investimentos, algumas vezes, são em grandes equipamentos e pacotes tecnológicos que não podem ser adquiridos em etapas e não se adaptam ao tamanho de sua propriedade.

Conclusão

O objetivo do presente trabalho foi apontar as principais oportunidades geradas pela utilização das novas tecnologias oriundas da Indústria 4.0 na agricultura e a identificação de quais são os entraves para a difusão delas entre os produtores rurais.

Como objetivos secundários procurou-se apresentar um perfil do produtor rural brasileiro e seu estado atual de utilização de tecnologias e, também, o cenário atual da Agricultura 4.0 no Brasil.

Para apresentar um panorama do estado atual da utilização de tecnologias pelos produtores e da evolução da agricultura 4.0 no Brasil, foram utilizados relatórios publicados por instituições públicas e privadas com expertise no tema, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), a consultoria McKinsey, o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), webinars e lives sobre agricultura 4.0, entrevistas gravadas com pesquisadores da Embrapa e SEBRAE sobre o tema, base de dados do Censo Agrícola de 2017 elaborado pelo IBGE e do Censo AgTech 2019 elaborado pela AgTech Garage, e, adicionalmente, foram utilizadas notícias sobre a utilização de tecnologia na agricultura provenientes de blogs especializados.

A hipótese inicial de que as tecnologias digitais podem trazer diversos benefícios aos produtores, com otimização na utilização de recursos naturais, insumos e ganhos de produtividade e que ainda há um espaço grande de atuação do governo e empresas em relação à oferta de capacitação digital e infraestrutura, foi confirmada.

Os benefícios trazidos pela utilização de tecnologias são diversos e podem ser auferidos em toda a cadeia agrícola. Com a utilização de drones, sensores de solo e clima e estações meteorológicas o produtor pode realizar pulverização de maneira mais eficiente, otimizar a utilização de recursos naturais na lavoura, controlar os níveis de nutrientes no solo e identificar focos de incêndio e de doenças com maior rapidez e em estágios iniciais; A utilização das tecnologias de rastreamento por *blockchain* pode auxiliar o produtor e outros integrantes da cadeia no atendimento às exigências ambientais e sanitárias de segurança do alimento; A tecnologia de *IoT* pode ajudar a integrar os dados obtidos de sensores, estações meteorológicas, máquinas e equipamentos, através da internet, em um sistema único de gestão para que o produtor tome suas decisões com base nos dados gerados; As plataformas de *marketplace* e aplicativos para celular oferecem soluções para gestão efetiva de estoques, movimentações financeiras, armazenamento de dados de campo, comercialização da produção, compra de

sementes, insumos, máquinas e equipamentos agrícolas, além de realização de orçamentos, contratação de serviços e aluguel de equipamentos online.

Os relatórios elaborados pela Embrapa, *McKinsey* e SEBRAE mostram que o produtor já está avançando em direção à essas tecnologias com 84% dos entrevistados pela Embrapa confirmando a utilização de pelo menos uma tecnologia digital. Cerca de 98% dos entrevistados pelo SEBRAE afirmam já utilizar o celular, e mais da metade o utiliza para atividades relacionadas à fazenda. Nessa mesma direção, 53% dos agricultores pesquisados pela *McKinsey* indicaram que já usam ou pretendem usar tecnologia de precisão, percentual que já alcança 75% dos agricultores de Algodão e de Grãos-Matopiba. A pesquisa também identificou que o uso de drone para a realização de diagnósticos, principalmente pelos agricultores mais jovens, e a disposição para a adoção de tecnologias de precisão, incluindo o sensoriamento remoto, telemetria e Internet das Coisas (IoT).

Porém, há desafios para se avançar na difusão dessas tecnologias e os mais importantes são: oferta de educação digital e capacitação, financiamento e infraestrutura. A falta de oferta de educação digital e capacitação aos produtores impossibilita a utilização completa dos benefícios fornecidos pelas tecnologias, dificulta a escolha correta da tecnologia mais adequada para a cultura e tamanho da propriedade, e, em alguns casos, pode levar o produtor à um diagnóstico de que os custos da tecnologia de agricultura digital são maiores que os benefícios econômicos auferidos. A disponibilidade de infraestrutura de internet também é fundamental para a expansão das tecnologias digitais e, apesar do acesso ao celular ter crescido entre os produtores, a disponibilidade de internet nas fazendas não acompanhou esse crescimento. O terceiro desafio é o do financiamento, muitos produtores, principalmente os pequenos, tem dificuldade para obter crédito para investimento em tecnologia e os custos para manutenção e aquisição dos equipamentos são altos.

Há diversas parcerias público-privas sendo criadas para a geração das tecnologias Agricultura 4.0, com a criação dos *hubs* de inovação a validação de novas soluções para o campo tem sido cada vez mais rápida. Porém, o foco é maior na geração de tecnologias do que na efetiva difusão das mesmas, demonstrando que ainda há um espaço grande de atuação a ser ocupado. Projetos governamentais como a Câmara Agro 4.0 que pretende expandir a rede de internet no campo ainda estão em fases iniciais, e é preciso que novos projetos sejam criados para ofertar capacitação para que os produtores consigam escolher a tecnologia que melhor se adapta à sua cultura e tamanho de propriedade e possam usufruir efetivamente de todos os benefícios gerados pelas tecnologias.

Referências Bibliográficas

AGRICULTURA 4.0: tudo o que você precisa saber. **Jacto**, 2018. Disponível em: <<https://blog.jacto.com.br/agricultura-4-0-tudo-o-que-voce-precisa-saber/>>. Acesso em: 27 de maio, 2020.

AGEVOLUTION. “**Pontes para Inovação**” reúne 20 agtechs finalistas em Piracicaba. Disponível em: <https://agevolution.canalrural.com.br/pontes-para-inovacao-reune-20-agtechs-finalistas-em-piracicaba/>. Acesso em: 20 de setembro, 2020.

AGROLINK. **Máquinas também estão na era 4.0**. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/maquinas-tambem-estao-na-era-4-0_434127.html> Acesso em: 26 de setembro, 2020.

BARROS, C. S. G. **Agricultura e indústria no desenvolvimento brasileiro**. O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola. Brasília: Embrapa, 2014.

BARTDIGITAL. **Quem Somos**. Disponível em: <<https://bartdigital.com.br/#xsSobre>>. Acesso em: 20 de setembro, 2020.

BOLFE, L. E.; MASSRUHÁ, S.S.F.M. **A transformação digital e a sustentabilidade agrícola**. Agroanalysis: a revista de de agronegócio da FGV, vol. 40, n.03, 2020.

BOLFE, E. L.; JORGE, L. A.; SANCHES, I.; COSTA, C. C. da; LUCHIARI Jr., A.; VICTÓRIA, D.; INAMASU, R.; GREGO, C.; FERREIRA, V.; RAMIREZ, A. **Agricultura digital no Brasil: tendências, desafios e oportunidades: resultados de pesquisa online**. Campinas: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agropensa/produtos-agropensa>. Aceso em: 26 de setembro, 2020.

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

BOSCH. **Bosch e BASF fundam centro de projetos para soluções inteligentes de plantio e fertilização**. Disponível em: <<https://www.bosch-press.com.br/pressportal/br/pt/press-release-32512.html>> Aceso em: 26 de setembro, 2020.

BUAINAIN, A. M.; SOUZA FILHO, H. M. SILVEIRA, J. M. **Agricultura familiar e condicionantes da adoção de tecnologias agrícolas**. In: LIMA, D. M. de A.; WILKINSON, J. (Org). Inovação nas tradições da agricultura familiar. Brasília, DF: CNPq: Paralelo 15, 2002. 400 p.

BUAINAIN, A. M., FRAGA, R. S. **Propriedade intelectual e desenvolvimento no Brasil**. Rio de Janeiro: Ideia D; ABPI , 2019.

CENSO AGTECH STARTUP BRASIL 2019. **O maior levantamento de startups do agronegócio já realizado no Brasil.** Disponível em: <<https://www.agtechgarage.com/censo/>>. Acesso em: 20 de setembro, 2020.

CNA – Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária do Brasil. **AgroUp.** Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/paginas-especiais/agroup>. Acesso em 30 de junho de 2020.

COELHO, M.N.C. **Rumo à Indústria 4.0.** Universidade de Coimbra, jul. 2016.

CONNECTARAGRO. **ConectarAgro:** Ajudando o Brasil e o produtor rural a estar preparado para a Agricultura 4.0, 2018. Página Inicial. Disponível em: <<https://conectaragro.com.br>>. Acesso em: 27 de maio, 2020.

CONTINI, E.; GASQUES, J. G.; ALVES, E. R. de A.; BASTOS, E. T. **Dinamismo da Agricultura Brasileira.** Revista de Política Agrícola. Ano XIX – Edição Especial de Aniversário do Mapa – 150 anos. Jul. 2010.

CPQD. **CPQD e Safe Trace incorporam blockchain a solução de rastreabilidade da cadeia produtiva de alimentos.** Disponível em: <<https://www.cpqd.com.br/releases/cpqd-e-safe-trace-incorporam-blockchain-a-solucao-de-rastreabilidade-da-cadeia-produtiva-de-alimentos/>>. Acesso em: 20 de setembro, 2020.

DANIEL, D.A.; LEITE, A.A.M.M.; MASSRUHÁ, S.S.F.M. **Agricultura Digital: Levantamento junto ao Produtor Rural na Região Metropolitana de Campinas.** SBIAgro, 2019.

DIAS, C. N.; JARDIM, F.; SAKUDA, L. O. (Orgs.) **Radar AgTech Brasil 2019: Mapeamento das Startups do Setor Agro Brasileiro.** Embrapa, SP Ventures e Homo Ludens: Brasília e São Paulo, 2019. Disponível em: <www.radaragtech.com.br>. Acesso em 30 de agosto de 2020.

DOSI, G. **Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change.** Res. Policy, 11 (1982), pp. 147-162.

ENGEL, J. F.; BLACKWELL, R. D.; MINIARD, P. W. **Comportamento do consumidor.** Rio de Janeiro: LTC. 2000.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira.** Brasília, DF, 2018.

EC. European Commission. **Industry 4.0 in agriculture: Focus on IoT aspects.** Disponível em: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Agriculture%20IoT%20v1.pdf>. Acesso em: 27 de maio, 2020.

FAPESP. **A força das agtechs.** Pesquisa FAPESP, Edição 287, jan. 2020.

FAPESP. **Agricultura 4.0.** Pesquisa FAPESP, Edição 287, jan. 2020.

FREEMAN, Christoph. **Technology policy and economic performance**. Londres: Pinter Publishers London and New York, 1987.

FREITAS, P. P. A. **Análise Bibliométrica da Produção Científica sobre Indústria 4.0**. Faculdade Federal da Uberlândia. Uberlândia, 2018.

HOFFMAN, R., NEY, G.M. **Evolução recente da estrutura fundiária e propriedade rural no Brasil**. A Agricultura Brasileira: desempenho, desafios e perspectivas. Brasília: Ipea, 2010.

GLOBO RURAL. **TIM e Agrosmart fecham parceria para soluções de agricultura digital**. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Empresas-e-Negocios/noticia/2020/09/tim-e-agrosmart-fecham-parceria-para-solucoes-de-agricultura-digital.html?utm_source=linkedin&utm_medium=social&utm_campaign=post> Acesso em: 26 de setembro, 2020.

IBGE. **Censo Agropecuário, 2017**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 27 de maio, 2020.

LOPES, A. L., CONTINI, E. **Agricultura, Sustentabilidade e Tecnologia**. Especial EMBRAPA, Agroanalysis, 2012.

MARINS, L. M. **Economia, Tecnologia e Inovação: da Teoria da Firma à Gestão da Inovação Tecnológica**. Revista eletrônica de ciência administrativa, v.4, n.1, 2017.

MASSRUHÁ, S. S. F. M. **O campo cada vez mais tecnológico**. Fonte: tecnologia da informação na gestão pública. Belo Horizonte: Prodemge, 2018.

MASSRUHÁ, S.S.F.M.; LEITE, A.A.M. **Agro 4.0 – Rumo à agricultura digital**. JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: Mobilizar o Conhecimento para Alimentar o Brasil. Brasília: Embrapa Informática Agropecuária, 2017. 35p.

McKINSEY&COMPANY. **A mente do Agricultor Brasileiro na Era Digital**. 2020. Disponível em: [http://www.aeaprcuritiba.com.br/admin/arquivos/A%20mente%20do%20Agricultor%20Brasileiro%20na%20Era%20Digital%20\[AGCO\].pdf](http://www.aeaprcuritiba.com.br/admin/arquivos/A%20mente%20do%20Agricultor%20Brasileiro%20na%20Era%20Digital%20[AGCO].pdf). Acesso em 30 de junho de 2020.

MILKPOINT. **Conheça Smartbow – o mais avançado sistema de monitoramento do mercado**. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/canais-empresariais/zoetis-por-uma-pecuaria-leiteira-mais-produtiva/conheca-smartbow-o-mais-avancado-sistema-de-monitoramento-do-mercado-220836/>> Acesso em: 20 de setembro, 2020.

MORETTI, C. Embrapa: Só 28% do campo têm conectividade para dar salto de produção. **Convergência Digital**. 12 de março, 2020. Disponível em: <<https://www.convergenciadigital.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=site&inford=53056&sid=14>> Acesso em: 27 de maio, 2020.

NELSON, R., WINTER, S. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1982.

NOVOAGRO 4.0. **O projeto**. Disponível em: <http://www.novoagro.org.br/index.php/o-projeto/estrategias#>. Acesso em 30 de junho de 2020.

OECD. **Trade and agriculture directorate committee for agriculture**. Global Forum on Agriculture. OECD Conference Centre, Paris, 2018.

PEIXOTO, Marcus. **Extensão Rural no Brasil – Uma Abordagem Histórica da Legislação**. Consultoria Legislativa do Senado Federal. Brasília, outubro, 2008.

PEREIRA, N.C, CASTRO, N. C. **O Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária: Histórico, Estrutura e Financiamento**. Texto para discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro: Ipea, 2017

POSSAS, Mario. **Concorrência Schumpeteriana**, em KUPFER, David & HASENCLEVER, Lia. Economia Industrial - Fundamentos teóricos e práticas no Brasil, Rio de Janeiro, Campus, 2002.

RODRIGUES, B. SOUZA, D. BOTELHO, M.M., PARREIRAS, S.F. **Internet das Coisas - Conectando o campo ao futuro**. Fonte: tecnologia da informação na gestão pública. Belo Horizonte: Prodemge, 2018.

ROGERS, M.E. **Diffusion of innovations**, 5nd ed., Free press, New York, 2003 (1ª edição: 1962).

ROGERS, M.E.; SHOEMAKER, F.F. **Communication of Innovation A Cross-Cultural Approach**. 2nd Edition, The Free Press, New York, 1971.

ROSENBERG, Nathan. **Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia**. Campinas, SP: Unicamp, 2006.

SALLES, F. S. **Apresentação: T. W. Schultz - A Transformação da Agricultura Tradicional**. Revista Brasileira De Inovação, 2009, 4(1), 9-55.

SCHUH, G. E. **O desenvolvimento da agricultura no Brasil**. Rio de Janeiro: APEC, 1971.

SEBRAE. **Tecnologia da Informação no Agronegócio**. Brasília: Sebrae, 2017. Disponível em: <www.sebrae.com.br>. Acesso em: 27 de maio, 2020.

SCHUMPETER, J.A. **A teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

SILVA, Ana Lucia Gonçalves da. **Concorrência sob condições oligopolísticas: contribuição das análises centradas no grau de atomização/concentração dos mercados**. 2003. 309 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/286471>>. Acesso em: 20 out. 2019.

SOUZA FILHO, H.M.; BUAINAIN, A.M.; SILVEIRA, J.M.F.J. et al. **Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, v.28,n.1, p.223-255,2011.

TIGRE. P.B. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia no Brasil**. Rio de Janeiro. Elsevier. 2006.

VENANCIO, P. L. **Agricultura 4.0 Novas tecnologias para a irrigação de precisão**. Universidade Federal de Viçosa, 2019.

VIEIRA, P. S. S., ARRUDA, M. A. **A importância da inovação aplicada ao agronegócio: uma revisão**. Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção, v. 5. n. 7. p. 31-47, 2017.

VIEIRA FILHO. J. E. R., VIERA, P. C.A. **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: Ipea, 2019.

VIEIRA FILHO. J. E. R., FISHLOW, A. **Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade**. Brasília: Ipea, 2017. 305 p.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; SILVEIRA, J. M. F. J. **Modelo evolucionário de aprendizado agrícola**. Revista brasileira de inovação, v. 10, n. 2, p. 265-300, jul./dez. 2011.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; BUAINAIN, A. M., ALVES, E., SILVEIRA, J. M., NAVARRO, Z. **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília: Embrapa, 2014.

VIEIRA, R.M. **Teoria da firma e inovação: um enfoque neo-schumpeteriano**. Revista Cadernos de Economia, v.14, n.27, 2010.

WSG. **Agriculture 4.0: the future of farming technology**. Disponível em: <<https://www.worldgovernmentsummit.org/api/publications/document?id=95df8ac4-e97c-6578-b2f8-ff0000a7ddb6>>. Acesso em: 15 de junho, 2020.