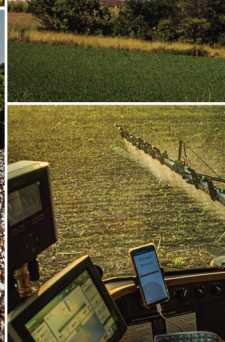


ORG. Eduardo Mario Dias
Durval Dourado Neto
Maria Lídia Rebello Pinho Dias Scoton
Diego Humberto de Oliveira
Isabela Mendes Gaya Lopes dos Santos
José Henrique Videira Menezes



AGRO 4.0

**FUNDAMENTOS, REALIDADES
E PERSPECTIVAS PARA O BRASIL**



ORG. Eduardo Mario Dias
Durval Dourado Neto
Maria Lúcia Rebello Pinho Dias Scoton
Diego Humberto de Oliveira
Isabela Mendes Gaya Lopes dos Santos
José Henrique Videira Menezes

AGRO 4.0

**FUNDAMENTOS, REALIDADES
E PERSPECTIVAS PARA O BRASIL**

autografia

Rio de Janeiro, 2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
(EDOC BRASIL, BELO HORIZONTE/MG)

A281 Agro 4.0: fundamentos, realidades e perspectivas para o Brasil / Organizadores Eduardo Mario Dias... [et al.]. – Rio de Janeiro, RJ: Autografia, 2023.
204 p. : 15,5 x 23 cm

Inclui bibliografia
ISBN 978-85-518-5052-7

1. Agricultura Digital. 2. Agro 4.0. 3. Agricultura Inteligente. 4. Tecnologias habilitadoras na agropecuária. 5. Quarta revolução industrial na agropecuária. 6. Agricultura de Precisão. I. Dias, Eduardo Mario. II Dourado Neto, Durval III. Scoton, Maria Lídia Rebello Pinho Dias. IV. Oliveira, Diego Humberto de. V. Santos, Isabela Mendes Gaya Lopes dos. VI. Menezes, José Henrique Videira.

CDD 338.10981

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Agro 4.0 — Fundamentos, realidades e perspectivas para o Brasil

DIAS, Eduardo Mario (org.)
DOURADO NETO, Durval (org.)
SCOTON, Maria Lídia Rebello Pinho Dias (org.)
OLIVEIRA, Diego Humberto de (org.)
SANTOS, Isabela Mendes Gaya Lopes dos (org.)
MENEZES, José Henrique Videira (org.)

ISBN: 978-85-518-5052-7

1ª edição, março de 2023.

Editora Autografia Edição e Comunicação Ltda.
Rua Mayrink Veiga, 6 – 10º andar, Centro
RIO DE JANEIRO, RJ – CEP: 20090-050
www.autografia.com.br

Todos os direitos reservados.

É proibida a reprodução deste livro com fins comerciais sem prévia autorização do autor e da Editora Autografia.

Sumário

Sobre os organizadores	7
Sobre os colaboradores	11
Prefácio	24
<i>Igor Calvet</i>	
Apresentação	
Palavra do Pró-reitor adjunto de Inovação da USP	26
<i>Raúl González Lima</i>	
Palavra do Presidente da CNA	29
<i>João Martins da Silva Junior</i>	
1) A agropecuária brasileira, o equilíbrio ambiental e o desafio da segurança alimentar global	32
<i>Roberto Rodrigues, Mônica Carneiro Meira Bergamaschi</i>	
2) Conceitos sobre o Agro 4.0 e Indústria 4.0	44
<i>Claudio Leones Bazzi, Kelyn Schenatto, Ricardo Sobjak</i>	
3) Agro 4.0: o papel da pesquisa e perspectivas para a transformação digital na agricultura	58
<i>Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá, Maria Angelica de Andrade Leite, Édson Luis Bolfe</i>	
4) Desafios da conectividade e energia para o Agro 4.0	78
4.1) Panorama e possíveis enquadramentos do consumidor de energia elétrica no ambiente agropecuário	79
<i>Milana Lima dos Santos</i>	
4.2) Conjuntura rural brasileira e Agro 4.0: conectividade, capacidade e conteúdo como condicionantes da competitividade	87
<i>Rodrigo Fernando Maule, Alberto Giaroli de Oliveira Pereira Barretto, Sergio Paganini Martins, Durval Dourado Neto</i>	

5) Agricultura de precisão e agricultura digital na prática: os benefícios das tecnologias digitais para o agronegócio	114
<i>Marcos Nascimbem Ferraz</i>	
6) Agro 4.0, empreendedorismo inovador e a inovação em modelos de negócios	128
<i>Marcos Vinícius de Souza, José Henrique Videira Menezes</i>	
7) Agro 4.0: cases de implantação no Brasil e resultados	145
<i>Isabela Mendes Gaya Lopes dos Santos, Ana Sofia Peixoto, Bruno Jorge Soares, Marcela Carvalho</i>	
8) Uso de tecnologia 4.0 para tomada de decisão visando aumento da lucratividade e sustentabilidade na pecuária	167
<i>Murilo Garrett Moura Ferreira dos Santos, Tiago Zanetti Albertini</i>	
9) Fruticultura de Precisão: tecnologias, desafios e evolução	184
<i>Alexandre de Campos Horn, Camila Schwartz Dias, Jusoan Lang Mór, Matheus Machado dos Santos</i>	
10) Monitoramento da umidade do solo para manejo da irrigação	203
<i>Fabiane Kuhn, Dionata Filippi</i>	
11) Tecnologias 4.0 para plantadoras de cana-de-açúcar	213
<i>Djessica Karoline Matte</i>	
12) A assistência técnica no contexto do Agro 4.0	228
<i>Eduardo Gomes de Oliveira, Rafael Diego Nascimento da Costa, Julia Carolina Barros de Deus</i>	
13) Conceitos, benefícios e o processo de desenvolvimento do Observatório da Agropecuária Brasileira	239
<i>Raimundo Deusdará Filho, Nathalia Damasceno Hott Dias</i>	
14) Cooperativismo como aliado na difusão do Agro 4.0	251
<i>Marco Olívio Morato de Oliveira, Leonardo Meira Reis</i>	
15) Domínio das tecnologias do Agro 4.0 como fator essencial para manutenção da competitividade do Brasil	263
<i>Marcio Albuquerque</i>	
16) Inovação e sustentabilidade como pilares de posicionamento do agronegócio brasileiro para o mundo	274
<i>Sueme Mori Andrade, Sibelle de Andrade Silva</i>	
17) Agro 4.0: reflexões, caminhos futuros e considerações finais	284
<i>Eduardo Mario Dias, Durval Dourado Neto, Maria Lúcia Rebello Pinho Dias Scoton, Isabela Mendes Gaya Lopes dos Santos, José Henrique Videira Menezes, Diego Humberto de Oliveira</i>	

Sobre os organizadores

Eduardo Mario Dias

Livre docente, doutor e mestre em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da USP (Poli-USP). Desde 1994 é professor titular da Universidade de São Paulo (USP). É professor do Programa de Pós-graduação do Instituto de Radiologia (INRAD) da Faculdade de Medicina da USP (FMUSP). Coordenador do GAESI — Gestão em Automação & T.I., grupo de pesquisa da EPUSP. Atua principalmente nos seguintes temas: automação; cidades inteligentes; rastreabilidade, aplicação de Sistemas de Transportes Inteligentes (ITS), tendo participado da formação do Laboratório de Tecnologias e Protocolo Aberto para Mobilidade Urbana, junto com a Secretaria Municipal de Transportes (SMT) e suas empresas, a SPTrans e a CET; portos e logísticas, desenvolvendo diversas atividades com o Ministério dos Transportes e Empresa de Planejamento e Logística (EPL); motores de indução; desequilíbrio de tensão; iluminação elétrica e lógica fuzzy. Desenvolveu projetos com a Petrobras nas áreas de automação, rastreabilidade e ITS. Membro da Comissão de Inovação do Hospital das Clínicas da FMUSP e Conselheiro do CONIC (Conselho Superior de Inovação e Competitividade) da Federação da Indústria do Estado de São Paulo (FIESP). Faz parte do conselho Curador da Fundação Ilumina desde maio de 2019 a abril de 2023.

Durval Dourado Neto

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Viçosa (1984). Doutor e Mestre em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq) da Universidade de São Paulo (USP). Pós-doutor em Agronomia pela Universidade da Califórnia (UCDavis). Professor (Titular desde 2006) do Departamento de Produção Vegetal da Esalq/USP desde julho de 1989. Professor do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da Esalq/USP (125 dissertações e teses concluídas de mestrado e doutorado). Pesquisador científico (1A) junto ao CNPq (281 artigos científicos publicados), coordenador do GPP (Grupo de Políticas Públicas) e NEMSE (Núcleo de Estudos em Modelagem e Soluções Estratégicas), diretor do Centro de Agricultura Tropical Sustentável (STAC — Sustainable Tropical Agriculture Center) da USP, e membro da Academia Brasileira de Ciência Agrônômica (ABCA). Atua principalmente nas áreas de Sistemas de Produção e Modelagem em Agricultura.

Maria Lídia Rebello Pinho Dias Scoton

Possui graduação em Direito pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (2003), graduação em Ciências Sociais pela Universidade de São Paulo (2008), licenciatura em Ciências Sociais pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (2010), mestrado e doutorado em Ciências, no programa de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2012 e 2017). Atualmente é coordenadora de capacitação da diretoria de Saúde Digital do HCFMUSP e pesquisadora do GAESI/EPUSP, desenvolvendo trabalhos nas suas áreas de especialização, com contribuição acadêmica internacional.

Diego Humberto de Oliveira

Doutorando em Engenharia Elétrica na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP). Coordenador da Assessoria

Especial de Inteligência Estratégica no Instituto CNA, vinculado à Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). Foi coordenador de inteligência de dados e assessor técnico do núcleo econômico na CNA, e coordenador de pesquisas no Centro de Inteligência em Mercados (CIM/UFLA). Mestre em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração Produção Vegetal, e bacharel em Agronomia, ambos pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Técnico em agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho (Eafmuz/IFSULDEMINAS).

Isabela Mendes Gaya Lopes dos Santos

Doutoranda pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP) — Gestão de Automação e TI, mestre em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação. Pós-graduada em Transformação Digital e Futuro dos Negócios. Pós-graduada em Educação. Graduada em Análise de Sistemas. Extensões em IA e Design Thinking. Possui certificações Project Management Professional (PMP/PMI) e Agile Scrum Master. Atualmente, é líder do Programa Agro 4.0 na Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Atuou profissionalmente em organizações como, Ministério da Fazenda, Previdência, Minas e Energia, Caixa Econômica e FGV. Ministrou aulas na Anhanguera, Iesb e Esaf.

José Menezes

Doutorando pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP) — Gestão de Automação e TI, possui graduação em economia pela Universidade Mackenzie, especialização em ciência política pela Universidade de Brasília e mestrado em Política Científica e Tecnológica pela University of Sussex, Reino Unido. Foi pesquisador visitante em Indústria 4.0 no Instituto Fraunhofer IPK,

Alemanha. Atuou profissionalmente na IBM Brasil, Amcham Brasil, AST Telecom, CNPq e Ministério da Economia, onde é servidor de carreira e foi diretor de Tecnologias Inovadoras. Atualmente está cedido para a Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII), onde atua como gerente na área de Planejamento e Relações Institucionais.

Sobre os colaboradores

Alberto Giaroli de Oliveira Pereira Barretto

Engenheiro Agrônomo e doutor em Ciências (USP), pós-doutor (CNPq). Atua nas áreas de planejamento do uso da terra e modelagem espacial com ênfase em produção agropecuária, desenvolvimento rural e meio ambiente. Atualmente coordena a área de análise territorial e geotecnologia do Grupo de Políticas Públicas da ESALQ/USP.

Alexandre de Campos Horn

Graduado em Engenharia Mecânica e mestre em Engenharia de Computação pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Especialista em Gestão de Projetos pelo PECEGE-ESALQ/USP. Intercambista na Alemanha no Instituto de Tecnologia TH-Deggendorf e na empresa Denso Robotics. Sócio-fundador e engenheiro da AuRos Robotics, startup que desenvolve tecnologias de Inteligência Artificial, Visão Computacional, Análise de Dados e Robótica para agricultura de precisão. Atua nas áreas de robótica, projeto mecânico e automação de sistemas mecânicos.

Ana Sofia Brito Peixoto

Bacharel em História, MBA em Transformação Digital e Desenvolvimento Sustentável e Economia Circular (PUCRS), Mestranda em

Mudanças Climáticas, na Universidad Europea del Atlántico. Analista em Produtividade e Inovação (ABDI). Integrante da equipe do Programa Agro 4.0, desde o início em 2020, na Unidade de Difusão de Tecnologias.

Bruno Jorge Soares

Especialista em arquitetura e regulação de políticas para o setor manufatureiro desde 2010. Também trabalha com o desenho de mecanismos fiscais, e outros, e regulações tecnológicas para fomentar a inovação. Plataformas Digitais, 5G, Manufatura, Automotiva, Agro 4.0, Saúde 4.0, Indústria 4.0 e startups são os principais temas de sua expertise em programas e projetos públicos.

Camila Schwartz Dias

Engenheira Agrônoma e mestre em Ciências com área de concentração em Fruticultura de Clima Temperado pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Agronomia, com área de concentração em Fruticultura de Clima Temperado pela Universidade Federal de Pelotas e professora substituta no Instituto Federal Catarinense (IFC) no campus de Camboriú, atuando nos cursos Técnico Integrado em Agropecuária e Agronomia.

Claudio Leones Bazzi

Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (campus Medianeira), bolsista produtividade CNPq, atua junto ao Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio, possui formação em Informática, com mestrado e doutorado em Engenharia Agrícola, desenvolvendo pesquisas aplicadas no contexto de agricultura de precisão e digital.

Dionata Filippi

Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal do Rio Grande do Sul (campus Sertão). Atualmente é mestrando no Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo (PPGCS/UFRGS). Atua nas áreas de química e fertilidade do solo com pesquisas envolvendo a dinâmica de nutrientes sob diferentes manejos de solo. Atuou como Engenheiro Agrônomo na empresa Raks Tecnologia Agrícola trabalhando com manejo da irrigação em diversas culturas de grãos e frutíferas.

Djessica Matte

Administradora especializada em Finanças, Gestão, Liderança e Inovação, Direção Administrativa, Produção e de Desenvolvimento de Produtos e Software na Agtech. Conselheira e diretora de Inovação e Capacitação da CIESP.

Édson Luis Bolfe

Engenheiro Florestal, mestre em Engenharia Agrícola e doutor em Geografia. Pesquisador no Grupo de Modelagem Agroambiental na Embrapa Agricultura Digital, Professor na Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), membro da Câmara do Agro 4.0 (MAPA/MCTI) e membro da International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS). É bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq na área de Geociências com experiência em sensoriamento remoto, coordenando projetos e com publicações técnico-científicas nacionais e internacionais em temas como mapeamento agrícola, agricultura digital, georastreabilidade, dinâmica de uso e cobertura das terras.

Eduardo Gomes de Oliveira

Engenheiro agrônomo pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), com especialização em Agronegócios pela UFPR. Atuação nas áreas de tratamentos quarentenários e fitossanitários. Supervisor Regional do Senar/PR na região dos Campos Gerais, atuando na gestão das ações de Formação Profissional Rural e Promoção Social, levantamento de demandas junto aos produtores, parceiros e sindicatos rurais. Consultoria em Gestão Agrícola e Florestal. Gerente Técnico no Senar/PR, liderando a equipe técnica na inovação de capacitações voltadas às necessidades dos produtores e do mundo do trabalho. Coordenador técnico e atualmente Diretor-adjunto da Diretoria de Assistência Técnica e Gerencial (DATeG) do Senar Administração Central.

Fabiane Kuhn

Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos, técnica em Eletrônica pela Fundação Liberato e cofundadora da empresa Raks Tecnologia Agrícola. Atua diretamente com tecnologias aplicadas ao setor do agronegócio, sendo reconhecida com prêmios como The Outstanding Young Person e Top Talents Under 25. Foi a primeira mulher a representar o Brasil na maior competição de empreendedorismo universitário do mundo, o GSEA, e em 2021 recebeu o Prêmio Mulan no BRICS Women Innovation Contest. Atualmente é CEO da Raks, trabalhando no manejo inteligente da irrigação.

Julia Carolina Barros de Deus

Zootecnista, formada na Faculdade UPIS-DF, com especialização em Gestão da Pecuária Leiteira pela REHAGRO e especialização em Gestão de Empresas Rurais pela Faculdade CNA. Filha de produtor rural e com atuação em consultoria na área da Bovinocultura no

Goiás e Distrito Federal. Atualmente é coordenadora da Central de Dados da Assistência Técnica e Gerencial do Senar, sendo responsável pelo sistema de coleta de dados, das visitas realizadas em campo, para análise e monitoramento das ações.

Jusoan Lang Mór

Graduado em Engenharia de Automação e mestre em Engenharia de Computação pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Doutorando em Engenharia Mecânica na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Sócio-fundador da AuRos Robotics, startup que desenvolve tecnologias baseadas em Inteligência Artificial, Visão Computacional, Análise de Dados e Robótica para agricultura de precisão. Atua principalmente nas áreas de Robótica, Modelagem de Sistemas, Adaptativo de Sistema e controle de máquinas elétricas e programação de microcontroladores.

Kelyn Schenatto

Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (campus Medianeira), atua junto ao departamento de computação, possui formação em Informática, com mestrado e doutorado em Engenharia Agrícola, desenvolvendo pesquisas aplicadas no contexto de agricultura de precisão e digital.

Leonardo Meira Reis

Cientista Político formado na Universidade de Brasília (UnB), pós-graduado (MBA) em relações governamentais pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) e mestre em políticas públicas pela Universidade Católica de Brasília (UCB). Atua nas áreas de análise de risco político, processo decisório, relações governamentais e monitoramento de políticas públicas.

Marcela Carvalho

Assessora da Presidência da ABDI, com atuação no Programa Agro 4.0 e 5G. Servidora pública federal do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), atual Ministério da Economia (ME), onde já exerceu as posições, dentre outras, de Assessora Internacional do Ministro e Secretária executiva da Câmara de Comércio Exterior (Camex), ocasião em que atuou também em assuntos relacionados ao agronegócio.

Marcio Albuquerque

Engenheiro e mestre em engenharia elétrica pela UFRGS. Sócio-fundador e CEO da Falker, trabalha há mais de 15 anos com desenvolvimento e aplicações de tecnologias para a agricultura. Sócio-fundador e atual vice-presidente da Associação Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital (AsBraAP), membro e ex-presidente da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital (CBAPD) do Ministério da Agricultura e Membro da Câmara Agro 4.0 do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

Marco Olívio Morato de Oliveira

Engenheiro agrônomo pela FCA (UNESP-Botucatu), mestre em Hidráulica e Saneamento (EESC-USP, São Carlos), colaborador na construção do Plano Agricultura de Baixo Carbono, membro do Conselho Superior da Câmara Agro 4.0, membro do Conselho Gestor do Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações, e Coordenador de Meio Ambiente e Energia do Sistema OCB.

Marcos Nascimbem Ferraz

Engenheiro Agrônomo formado pela ESALQ/USP e mestre em Engenharia de Sistemas Agrícolas pela mesma instituição. Atua na área

de Agricultura de Precisão, desde 2006, tendo trabalhado com pesquisa, desenvolvimento e comercialização de tecnologias e análise de dados digitais na agricultura. Em 2015, fundou a Smart Agri, empresa de desenvolvimento de soluções tecnológicas para a agricultura. Em 2017, tornou-se sócio-fundador da empresa Smart Sensing, que atua com sensores para pulverização localizada. Em 2020, assumiu a presidência da AsBraAP (Associação Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital).

Marcos Vinícius de Souza

Diretor-executivo do Centro Afiliado da Quarta Revolução Industrial do Fórum Econômico Mundial e Presidente do Conselho de Administração do IPT. Foi Subsecretário de CT&I do Estado de São Paulo e no Governo Federal atuou como Diretor e Secretário de Inovação no Ministério da Indústria e Comércio. Previamente atuou em consultoria e fundo de venture capital. Graduado em Administração pela EAESP/FGV, com MBA em Desenvolvimento de Clusters pela CEPAL/ONU, treinamento VINNOVA (Agência de Inovação da Suécia) e Fellow no D-Lab do MIT-Massachusetts Institute of Technology. Atualmente é doutorando na USP.

Maria Angelica de Andrade Leite

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Juiz de Fora (1984), mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Minas Gerais (1989) e doutora em Engenharia da Computação pela Universidade Estadual de Campinas (2009). Pesquisadora da Embrapa Agricultura Digital desde 1989. A partir de 2009 desempenhou ações de gestão da pesquisa tendo sido Secretária Executiva do Comitê Técnico Interno da Unidade. Atualmente participa do Comitê Gestor do Portfólio de Automação, Agricultura de Precisão e Digital da Embrapa e do Observatório de Tecnologias de Informação e Comunicação na Agropecuária.

Matheus Machado dos Santos

Possui graduação em Engenharia de Computação, mestrado em Engenharia de Computação e doutorado em Modelagem Computacional pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Intercambista na Austrália pesquisando na CSIRO. Atua principalmente nos seguintes temas: Redes de Petri, Sistemas Multiagentes, Sistemas Baseado em Conhecimento, Computação em Nuvem, Visão Computacional, Imagens Acústicas, Sistemas Óptico Acústicos, Localização e Mapeamento Simultâneo, Robótica Móvel. Idealizador da startup AuRos Robotics, empresa que desenvolve tecnologias de Inteligência Artificial, Visão Computacional, Análise de Dados e Robótica para agricultura de precisão.

Milana Lima dos Santos

Professora doutora no Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas (PEA) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). É membro do IEEE — Power & Energy Society (PES). Doutora e mestre em Sistemas de Potência pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba. Entre 2010 e 2013 participou de projetos do programa de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL. Anteriormente atuou como engenheira nas empresas Eletrobras Eletronorte, ABB Ltda e Consórcio de Alumínio do Maranhão-Alumar, na área de automação de subestações de energia elétrica, em especial sistemas supervisórios.

Mônika Carneiro Meira Bergamaschi

Atualmente é diretora-executiva do Instituto CNA, vinculado à Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, Presidente-executiva do Instituto Brasileiro para Inovação e Sustentabilidade do Agronegócio (IBISA), presidente do Conselho da Associação Brasileira do Agronegócio

da Região de Ribeirão Preto (ABAG/RP), diretora de Comunicação da Academia Brasileira de Ciência Agrônoma (ABCA) e presidente do LIDE Agronegócios. Engenheira Agrônoma formada pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP/Campus Jaboticabal), M.Sc. em Engenharia de Produção Agroindustrial pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), possui MBA em Economia de Empresas com Ênfase em Cooperativismo pela Fundação para Pesquisa e Desenvolvimento da Administração, Contabilidade e Economia (FUNDACE) da FEA-Ribeirão Preto/USP. É membro de conselhos administrativos e consultivos de Instituições e empresas. Foi assessora técnica da Associação Brasileira de Agribusiness (ABAG), docente do Departamento de Economia Rural (UNESP — Campus de Jaboticabal), secretária-geral da ABAG/RP e secretária de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo de 2011 a 2014.

Murilo Garrett Moura Ferreira dos Santos

Pesquisador Sênior, PD&I em Ciência Animal e Data Science da @Tech. Graduado em Medicina Veterinária pela Universidade Estadual de Santa Cruz (2012). Mestre em Ciência Animal e pastagens pela ESALQ/USP (2014). Doutor em Ciência Animal e pastagens pela ESALQ/USP (2019). Trabalhou como visiting research scholar na University of Wisconsin (WU). MBA em Agronegócios PECEGE-ESALQ/USP. MBA em Gestão de Projetos PECEGE-ESALQ/USP. Atuou em confinamentos como consultor/nutricionista, auxiliando também em treinamentos no Brasil influenciando mais de 350 alunos, técnicos e extensionistas com seus ensinamentos.

Nathalia Damaceno Hott

Engenheira Agrônoma com especialização em Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Gestão de Projetos. Assessora técnica

do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR), atua no Observatório da Agropecuária Brasileira desde junho de 2019, por meio de um Acordo de Cooperação Técnica entre o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e o Sistema CNA/SENAR.

Rafael Diego Nascimento da Costa

Engenheiro Agrônomo, com MBA em Gestão Ambiental (2011) e MBA em Gestão do Agronegócio (2013). Tem experiência com agricultura familiar e comercial, comunidades rurais, cooperativas, associações e sindicatos rurais. Desenvolveu trabalhos nas temáticas de Agricultura Irrigada, Educação Profissional, Agricultura de Precisão e Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. Atualmente no SENAR exerce assessoria e coordenação técnica de projetos de Assistência Técnica e Gerencial, em âmbito nacional e de cooperação internacional, envolvendo parcerias do SENAR com agências de fomento e Governo Federal.

Raimundo Deusará Filho

Engenheiro Florestal, Agrônomo e Bacharel em Administração. Atualmente é coordenador-geral de Inteligência da Secretaria de Política Agrícola do MAPA. Em sua trajetória de 40 anos no serviço público passou por diversos cargos, dentre eles destacamos: coordenador-geral de Informações Estratégicas da Secretaria de Desenvolvimento Rural, Inovação e Irrigação do MAPA; Diretor-geral do Serviço Florestal Brasileiro; Diretor de Gestão Estratégica do Ministério do Meio Ambiente; Diretor de Irrigação da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf); Ministro de Estado do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal.

Ricardo Sobjak

Possui graduação em Informática, mestrado e doutorado em Engenharia Agrícola. Atualmente é professor do magistério superior da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (campus Medianeira). Tem atuado na docência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Linguagens de Programação. Atua em pesquisas em agricultura de precisão. Um dos projetos de atuação recentes foi o desenvolvimento de módulos computacionais para a plataforma AgDataBox, cujo propósito é oferecer ferramentas computacionais para auxiliar agricultores, técnicos e pesquisadores em assuntos de agricultura de precisão e agricultura digital.

Roberto Rodrigues

Atualmente é coordenador do Centro de Agronegócios da Fundação Getúlio Vargas (GVAgro) e Presidente da Academia Brasileira de Ciência Agronômica (ABCA). Empresário rural em São Paulo e no Maranhão. Engenheiro agrônomo formado pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), em 1965. Foi professor do Departamento de Economia Rural da Universidade Estadual Paulista (UNESP/Campus Jaboticabal). Doutor Honoris Causa pela UNESP, foi Titular da Cátedra de Agronegócios da ESALQ/USP. É autor de dez livros e coautor de diversos outros. É membro de conselhos administrativos e consultivos de Instituições e empresas. Foi Ministro da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de 2003 a 2006, além de Secretário de Agricultura e do Abastecimento do Estado de São Paulo, de 1993 a 1994. Foi Presidente da Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB) por dois mandatos, e Presidente da Aliança Cooperativa Internacional (ACI). Foi Presidente da Academia Nacional da Agricultura da Sociedade Nacional da Agricultura (SNA), da Associação Brasileira de Agribusiness (ABAG), da Sociedade Rural Brasileira (SRB) e do Conselho Superior do Agronegócio da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (COSAG/FIESP), entre outras organizações.

Rodrigo Fernando Maule

Engenheiro Agrônomo e doutor em Ciências (USP). Atua nas áreas de agricultura digital, modelagem espacial com ênfase em produção agropecuária, desenvolvimento rural e meio ambiente. Coordenador-executivo do Grupo de Políticas Públicas da ESALQ/USP.

Sergio Paganini Martins

Engenheiro Agrônomo, com pós-graduação em Programas de Reforma e Assentamentos. Atua na área de planejamento estratégico, segurança alimentar e políticas públicas para o desenvolvimento rural sustentável. Atualmente coordena a área de políticas públicas do Grupo de Políticas Públicas da ESALQ/USP.

Sibelle de Andrade Silva

Engenheira química pela Universidade Federal de Minas Gerais e bacharel em direito pelo Centro Universitário de Brasília, com mestrado em propriedade intelectual e inovação pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Possui especialização em análise de patentes pelo Escritório Japonês de Patentes e atua em áreas de gestão da inovação, principalmente no setor do agronegócio há 16 anos, tendo passado por empresas privadas e públicas — como CEMIG S.A., VALE S.A. e EMBRAPA. Atualmente é diretora do Departamento de Apoio à Inovação para a Agropecuária, na Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Sustentável e Irrigação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá

Analista de Sistemas pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas, mestre na área de Automação pela Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Unicamp e doutora em Computação Aplicada,

na área de Inteligência Artificial, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Pesquisadora da Embrapa Agricultura Digital desde 1989. De 2009 a 2015 foi Chefe de P&D e de 2015 a 2022 foi Chefe Geral da Embrapa Agricultura Digital. Atualmente é Coordenadora da Câmara Temática AgroDigital na rede ILPF- Integração Lavoura Pecuária Floresta. Tem formação complementar em gestão pela Fundação Dom Cabral, Gestão avançada pela Amana-Key e Governança Corporativa pelo IBGC. Também participa como membro de vários conselhos de Estratégicos, Administração e Consultivos e mentoria de startups.

Sueme Mori Andrade

Atualmente é diretora de Relações Internacionais da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). Engenheira Mecânica de formação, possui especializações em Comércio Exterior e Gestão Estratégica. Já atuou como coordenadora-geral de Investimentos e Cooperação Internacional no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; foi Gerente de Estratégia de Mercado da Apex-Brasil, além de ter trabalhado anteriormente no SESI Nacional, na Embraco e na Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina.

Tiago Zanett Albertini

Fundador e CEO da @Tech. Graduado em Medicina Veterinária pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (2004). Mestre em Ciência Animal e pastagens pela ESALQ/USP (2007). Doutor em Ciência Animal e pastagens pela ESALQ/USP (2010). Pós-doutorado na Embrapa Gado de Corte e Embrapa Informática Agropecuária e na ESALQ/USP (2012). Pós-Doutorado na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP). Trabalhou durante o doutorado na Universidade de Davis. É revisor de cinco periódicos. Suas ideias em PD&I foram agraciadas com 5 premiações.

Prefácio

Igor Calvet

Presidente da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI)

O agronegócio tem grande relevância econômica para o Brasil, representando 27,5% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro em 2021. Atualmente, o Brasil é um dos principais exportadores de produtos agrícolas e isso mostra a importância do país como grande provedor mundial de alimentos.

Dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura mostram que haverá um aumento de 70% de demanda mundial por alimentos até 2050. Mesmo com o crescimento histórico de produtividade do Brasil no setor agropecuário, ainda existem muitos desafios para que o país amplie ainda mais sua produção e exportações do setor. Certamente, a tecnologia desempenhará, cada vez mais, papel fundamental neste processo.

As tecnologias 4.0 representam a fusão dos mundos físico e digital, e permitem o monitoramento da planta produtiva, do clima, do solo, dos animais, em tempo real, mostrando alternativas e agilizando o processo de tomada de decisões. Para citar algumas, temos a Internet das Coisas (IoT), a Inteligência Artificial (IA), a Realidade Virtual, a Geolocalização, o *Blockchain* e a Robótica, com aplicações, dentre outras, de irrigação e pulverização inteligentes.

O termo “Tecnologia 4.0” remete à Indústria 4.0, que foi um movimento iniciado por volta de 2011, para a indústria de transformação. No entanto, essas tecnologias hoje beneficiam

empresas de diferentes setores, como é o caso do agronegócio. As novas tecnologias permitem transformar e modernizar as cadeias de valor, trazendo maior produtividade e reduzindo custos, além de contribuir para um ecossistema mais eficiente e sustentável.

Muitas são as oportunidades no Brasil com o uso de tecnologias 4.0 no setor agropecuário, e algumas iniciativas estão em andamento para colaborar com a disseminação desse conhecimento. Este livro certamente irá contribuir com este processo, ajudando a esclarecer os conceitos básicos e as tecnologias mais utilizadas no campo. Além disso, o texto trará os desafios e as oportunidades da aplicação dessas tecnologias no Brasil e no mundo, exemplificados por cases práticos de adoção pelo setor produtivo.

Desde 2020, a ABDI tem se dedicado a estimular a adoção de tecnologias 4.0 no agronegócio por meio do Programa Agro 4.0. Em sua primeira edição, o Programa acompanhou e premiou 14 projetos de adoção e difusão de tecnologias no campo, tendo obtido resultados extremamente satisfatórios em termos de economia de energia, água, tempo e insumos. O uso da tecnologia trouxe redução de custos e aumento de renda para o produtor rural, além de lançar atenção, na produção agrícola, para questões de sustentabilidade e ODS¹.

Não tenho dúvidas de que a tecnologia nos dará as condições necessárias para enfrentarmos os desafios de crescimento populacional e segurança alimentar nas próximas décadas. É fundamental, dessa forma, que o Brasil esteja preparado para o cenário que se avizinha, tendo como premissa uma produção agropecuária mais tecnológica, competitiva e atenta às questões ambientais e de sustentabilidade.

1. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável/Organização das Nações Unidas.

Apresentação

Palavra do Pró-reitor adjunto de Inovação da USP

Raúl González Lima

Desde a década de 1960, teóricos da Economia nos alertavam que se aproximava uma nova era, a era da Economia do Conhecimento. A soma do valor dos bens intangíveis se tornaria maior que a soma dos bens tangíveis. Diversos países solicitaram que a academia ajudasse no desenvolvimento sustentável de suas economias através de inovações baseadas em conhecimento profundo, que, tipicamente, é oferecido pelas universidades. Inclusive, um guia para planejar parques tecnológicos, elaborado pela ONU, considera absolutamente necessária a proximidade de uma instituição de ciência e tecnologia (ICT), por exemplo uma universidade, para o sucesso e sustentabilidade do parque. Essa adaptação dos países foi acompanhada de profundas modificações legais para favorecer a transmissão de inovações tecnológicas para o benefício de sua sociedade e da sociedade global.

Como em *Grande Sertão Veredas*, a cachoeira não é a água e tampouco o tombo, mas a água descendo pelo tombo, a academia só tem sentido na relação com a sociedade. Mudou a sociedade, mudou a academia. E agora, na Economia do Conhecimento, a academia, que sempre foi fonte do conhecimento profundo, mantém fluxo constante de inovação, seja social, tecnológica ou cultural. Ecossistemas de inovação mantêm próximos órgãos governamentais, privados e acadêmicos. Não devemos esquecer órgãos de certificação e oferecimento de capital de risco.

Na década de 1990, um amplo debate favoreceu a formação de centros de pesquisa na vizinhança de universidades, com estrutura legal equivalente a nossas fundações de apoio. Com a vantagem de ter agilidade administrativa e uma concentração elevada de pesquisadores e docentes das universidades, estes centros de pesquisa se tornaram um elemento central nos ecossistemas de inovação, ao mesmo tempo que protegiam a liberdade da pesquisa acadêmica.

Nesse contexto surgiu o GAESI, um laboratório de pesquisa em gestão de automação e tecnologia da informação, associado à Escola Politécnica da USP, que tem desenvolvido tecnologia de automação, antecipando-se às necessidades do nosso país. O GAESI ganhou notoriedade ao desenvolver tecnologias para geração de notas fiscais eletrônicas com o objetivo de controlar o ICMS e ISS, mobilidade urbana em cidades inteligentes, rastreabilidade de medicamentos e de proteínas, a otimização da distribuição de vacinas e medicamentos, a otimização de compras e distribuição do SUS, entre outros.

O presente texto, *Agro 4.0*, resulta de uma reflexão profunda e abrangente sobre o estado e as condições, das mais distintas naturezas, que influenciam o setor agropecuário. A estrutura do texto é a de observar o objeto Agronegócio através de diversos pontos de vista. Qual é o verdadeiro papel do Brasil na geração de alimentos para o mundo? Como o marco legal da energia molda o futuro do setor agropecuário? Como o agronegócio depende da implantação de comunicação de média distância no campo? Como a agropecuária de precisão é potencializada pela comunicação de quarta geração? Como é o perfil do empresário do pequeno e médio negócio e como é sua adoção de novas tecnologias? A equipe de autores é formada por profissionais que atuam em órgãos governamentais, associações empresariais e centros de pesquisa, como a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), a Confederação da Agricultura e da Pecuária do Brasil (CNA), a Agência Brasileira de Desenvolvimento

Industrial (ABDI), a Empresa Brasileira de Inovação Industrial (Embrapii), a Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz (Esalq-USP), a @tech Inovação em Tecnologia Agrícola e a Raks Tecnologia Agrícola. Estas descrições permitem, através de dados estatísticos, descrever o estado da agropecuária e antever várias das tensões que irão moldar este setor.

Preparar o pequeno e médio empresário e ampará-los com técnicas de formação específica é responsabilidade que recai sobre um grande número de instituições, como já se observa nas iniciativas da Indústria 4.0. Este texto contribui com a riqueza de dados estatísticos e precisão conceitual, na formação de recursos humanos e na formulação de políticas públicas necessárias para que o Brasil possa explorar essas novas tecnologias.

Referências Bibliográficas

ESCAP UN. Establishing science and technology parks: a reference guidebook for policymakers in asia and the pacific, 2019.

HARVARD UNIVERSITY Office of the Provost. Principles governing commercial activities of harvard university, with application to partnerships between the university and outside organizations, 2001.

KALOUDIS, A.; ASPELUND, A.; KOCH, P. M.; Lauvås, T. A.; MATHISEN, M. T.; STRAND, O.; SORHEIM, R.; AADLAND, T. How Universities Contribute to Innovation: A Literature Review-based Analysis. Report 2, NTNU Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, November, 2019. Client: Toril Nagelhus Hernes, Pro-Rector for Innovation, NTNU.

ROSA, J. G. Grande Sertão: Veredas. José Olímpio, São Paulo, 1956.

Palavra do Presidente da CNA

João Martins da Silva Junior

A Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR) e o Instituto CNA (ICNA) têm o compromisso de apoiar as pessoas do setor rural e estimular o aumento de eficiência na produção de alimentos, fibras e energias renováveis na cadeia agroindustrial brasileira.

Por meio de levantamentos de dados confiáveis, nos âmbitos técnico e econômico, Assistência Técnica e Gerencial (ATeG), capacitações, formação profissional e promoção social, o Sistema CNA contribui para que haja maior equidade em um dos principais setores produtivos de nosso país continental.

Em meio ao dinamismo da agropecuária brasileira, melhorar as ações do ambiente organizacional das cadeias agroindustriais tem sido um dos principais objetivos do Sistema CNA. A evolução sistêmica dos custos de produção, a reconfiguração do funding, e as demandas por rastreabilidade impulsionam as iniciativas da CNA para o planejamento de médio e longo prazos para o agro, exemplificados pelos projetos Campo Futuro e AgriTrace Rastreabilidade Animal e Vegetal. Além disso, os entraves à comercialização motivam iniciativas para a conquista de novos mercados no Brasil e no exterior, por meio do e-commerce Mercado CNA e do programa Agro.BR, respectivamente.

Mas a quarta revolução da agropecuária, conhecida como Agro 4.0, elenca um novo desafio: capacitar produtores e difundir tecnologias

para o processo de digitalização das propriedades rurais. Com as possíveis mudanças causadas pelas novas tecnologias, torna-se fundamental pensarmos sobre quem será o produtor do futuro, que também deverá adaptar-se à demanda dos consumidores com valores diferentes sobre os sistemas alimentares atuais.

Em parceria com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Sistema CNA já operacionalizou o Observatório da Agropecuária Brasileira, que integra, sistematiza e disponibiliza informações da agropecuária nacional para o apoio nas tomadas de decisão e deliberações de políticas públicas.

Para ampliar o alcance das ações de assistência técnica, formulou-se a ATeG Digital, e o aplicativo ID Agro está consolidando a rastreabilidade de máquinas e implementos agrícolas, que terá grande importância no combate à criminalidade no campo relacionada a esses fatores de produção.

Em especial, destaca-se a participação do Sistema CNA no ecossistema de inovação da agropecuária, com o Hub CNA Digital, que estimulará empreendedores ao desenvolvimento de produtos e serviços digitais para a cadeia agroindustrial.

Para todas essas ações, será necessário ampliarmos a conectividade, além da realização de ações para o desenvolvimento regional, levando sempre em conta a importância da segurança cibernética e da tipificação da propriedade dos dados gerados nas unidades produtivas.

Espera-se que, em complemento à Revolução Verde, o Agro 4.0 amplie a sustentabilidade e mantenha a biodiversidade devido ao aumento do poder analítico de grandes bases de dados e melhoria nos processos gerenciais. Isso minimizará os efeitos dos riscos envolvidos na agropecuária e auxiliará na manutenção de uma situação econômica favorável das famílias rurais.

Como uma contribuição na difusão do conhecimento relacionado à Agropecuária Digital, esperamos que este livro, organizado pelo Sistema CNA e Universidade de São Paulo (USP), seja mais

um estímulo na geração de inovações para o setor, que em algum nível contribua para a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) nacional e reforce a comunicação com a sociedade sobre a importância da agropecuária em nossas estratégias de Nação.

1) A agropecuária brasileira, o equilíbrio ambiental e o desafio da segurança alimentar global

Roberto Rodrigues, Mônica Carneiro Meira Bergamaschi

Em 2019, o Instituto Mundial de Recursos (WRI, sigla em inglês), o Banco Mundial e a Organização das Nações Unidas (ONU), cujo objetivo precípua é a defesa da Paz Universal, publicaram o relatório “Recursos Mundiais: Criando um Futuro Alimentar Sustentável”, com a conclusão de que para atender a demanda de uma população estimada em 9,8 bilhões de pessoas em 2050, o mundo teria que aumentar em 50% ao ano a produção de alimentos, tomando-se por base o ano de 2010. Para tanto, também seria preciso melhorar a forma como se produz, com o uso mais eficiente de recursos naturais, melhoria na gestão, inovação, desenvolvimento tecnológico e preservação do ambiente (WRI, 2019).

A compatibilização entre a ampliação da produção de alimentos e a preservação dos recursos naturais encontra solução na incorporação de tecnologias, via aumento da produtividade, que reduz a pressão sobre a ampliação de novas fronteiras agrícolas. Nesse pacote tecnológico estão os corretivos, fertilizantes, defensivos, sementes melhoradas, agricultura de precisão, cultivos intensivos, entre outros. No entanto, a crise sanitária de 2020 despertou o interesse sobre o desafio da segurança alimentar, que passou a ser uma das principais preocupações da humanidade.

Na Cúpula Mundial da Alimentação de 1996, ocorrida em Roma, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura — FAO (sigla em inglês) — definiu que a segurança alimentar “ocorre quando as pessoas têm, a todo momento, acesso físico e econômico a alimentos seguros, nutritivos e suficientes para satisfazer as suas necessidades dietéticas e preferências alimentares, a fim de levarem uma vida ativa e saudável” (FAO, 1996).

Segundo a FAO (2022), a fome afeta 828 milhões de pessoas em todo o mundo. Esse número representa um crescimento de 46 milhões em relação ao ano de 2021, e 150 milhões desde o início da pandemia de Covid-19. Mesmo considerando uma recuperação econômica, as estimativas apontam que em 2030 ainda haverá mais de 670 milhões de famintos.

Salienta-se que a proporção de pessoas com fome no mundo permanecia inalterada nos últimos sete anos, em torno de 8,9% da população mundial. Mas a crise sanitária e a guerra na Ucrânia, em 2022, fizeram com que essa proporção subisse para 9,8%. Esse dado é emblemático, pois trata-se de um retrocesso ao patamar de 2015, quando foi lançada a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2 (ODS 2) trata justamente de Fome Zero e Agricultura Sustentável.

O tema segurança alimentar não estava tão evidente nas primeiras décadas do século XXI, uma vez que a oferta de alimentos em nível global era adequada e a persistência da fome era muito mais um problema de renda dos consumidores do que disponibilidade física de alimentos. Mas, em 2020, ficou claro que nem todos os países estavam garantidos quanto ao fenômeno, dando origem a um neoprotecionismo que começou a interferir nas regras de comércio agrícola internacional (COUTINHO, 2020). Mesmo com o novo *Green Deal* europeu inserido neste cenário, é cada vez mais explícito que a segurança alimentar é um elemento importante para a manutenção da estabilidade política e social de qualquer país.

Diante disso, a sustentabilidade vem reforçar os pontos essenciais para a competitividade dos produtos do agro nos seus 3 pilares: o social, o econômico e o ambiental. A ênfase para o ambiental vem crescendo, sobretudo entre os jovens. Temas como a descarbonização da produção agropecuária, as mudanças climáticas, e os eventos extremos cada vez mais frequentes, como secas, geadas e tufões, são recorrentes na maioria dos debates.

A contribuição para a segurança alimentar, com sustentabilidade, passa pela agricultura tropical, passível de ser desenvolvida em toda a América Latina, na África subsaariana e em países asiáticos. Nesse cinturão tropical do planeta não apenas existe muita terra a ser incorporada aos sistemas produtivos, como também há um potencial ainda maior para a introdução de novas tecnologias que levam ao aumento da produtividade e, conseqüentemente, da produção.

De acordo com Silva (2005), o Brasil adaptou, com sucesso, culturas originalmente de clima temperado ao clima tropical. Além de se tornar um grande produtor e exportador de alimentos, também é uma grande vitrine tecnológica à disposição de países de características climáticas semelhantes, que podem importar e adotar tecnologia agrícola desenvolvida por instituições de pesquisa públicas e privadas.

São, portanto, três as razões pelas quais o Brasil pode ampliar a sua oferta de alimentos: tecnologia tropical sustentável, terra disponível e pessoas capazes em todos os elos das cadeias produtivas do agro.

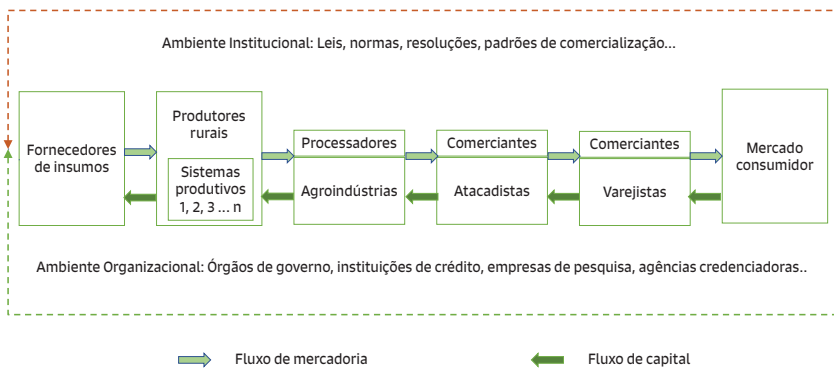
Uma cadeia produtiva (Figura 1), ou cadeia agroindustrial, pode ser interpretada como o conjunto de componentes interativos, incluindo os sistemas produtivos, fornecedores de insumos e serviços, indústrias de processamento e transformação, agentes de distribuição e comercialização, além de consumidores finais (CASTRO, 2000).

Na perspectiva de Batalha (2007) ainda devem ser considerados como elos de uma cadeia de produção agroindustrial, o ambiente institucional e o ambiente organizacional. O primeiro representa as

normas que regem o agronegócio. Nele estão presentes ministérios, órgãos fiscalizadores e regulamentadores, políticas, a cultura dos indivíduos, entre outros. No segundo, estão as instituições de ensino superior, agentes financeiros, assistência técnica, cooperativas, associações, o terceiro setor em geral, e outras organizações.

Segundo Castro (2000), as cadeias produtivas permitem: i. identificar fatores críticos de competitividade e sustentabilidade ambiental, em relação a cadeias produtivas distintas, principalmente no que tange os elos agrícola e agroindustrial; ii. oferecer subsídios à elaboração de políticas públicas de melhoria da competitividade; iii. fornecer condições aos integrantes da cadeia para aprimoramento da coordenação; e iv. buscar novas oportunidades para o planejamento do desenvolvimento setorial e regional.

Figura 1. Representação esquemática de uma cadeia agroindustrial.

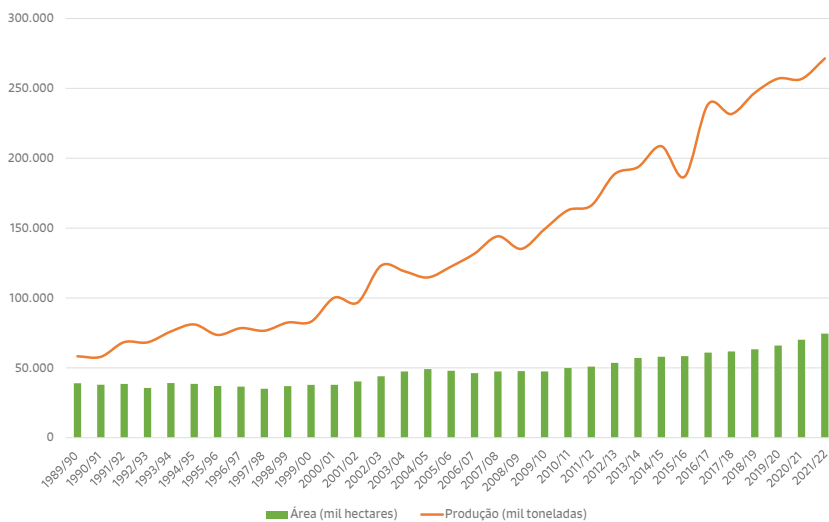


Fonte: Adaptado de Batalha (2007) e Silva (2007).

O aumento da oferta de grãos no Brasil, obtido por meio da implantação de tecnologias tropicais sustentáveis pode ser evidenciado nos dados do Gráfico 1, no qual está demonstrada a relação entre área plantada e produção de grãos de 1990 a 2021. Interessante notar que se o Brasil tivesse hoje a produtividade (produção por hectare) que tinha em 1990, seriam necessários mais 96

milhões de hectares para colher a safra de 2021, além dos 69 milhões cultivados, mesmo boa parte deles sendo cultivados 2 ou até 3 vezes por ano. O aumento da produtividade faz com que a necessidade de ampliação da fronteira agrícola seja menor para manter, ou até mesmo ampliar, a produção, preservando áreas. Ou seja, o aumento de produtividade contribui para tornar o processo mais sustentável.

Gráfico 1. Área plantada e produção de grãos no Brasil entre as safras 1989/1990 e 2021/2022.



Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022).

O mesmo fato, aumento de produtividade, ocorreu também com as culturas perenes ou semiperenes. Caso da cafeicultura, fruticultura, cana-de-açúcar e a pecuária, reduzindo a demanda por áreas novas. A produção de carne bovina cresceu 108% desde os anos 1990, enquanto a área das pastagens caiu; a produção de carne suína aumentou 305% e a de frangos 501% no mesmo período.

Os ganhos em sustentabilidade são percebidos também na agroenergia. O etanol de cana-de-açúcar emite apenas 11% do CO₂

emitido pela gasolina; o biodiesel de soja emite 20% do emitido pelo óleo diesel fóssil e, ainda, tem a bioeletricidade gerada pela indústria de açúcar e álcool em cogeração, que ocorre justamente no período mais seco do ano quando os reservatórios das hidrelétricas ficam mais vazios. A matriz energética brasileira, de acordo com o Balanço Energético Nacional Interativo (BEN) da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) tem 48,3% de sua composição advindos de fontes renováveis, enquanto a mundial tem apenas 13,9% (*International Energy Agency - IEA, 2019*), e boa parte (9,3%) devido à contribuição da agroenergia.

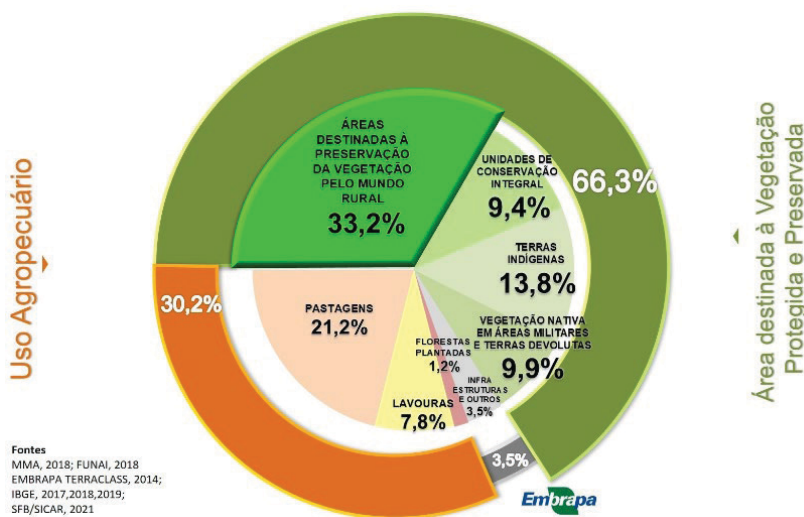
Novas tecnologias sustentáveis continuam sendo desenvolvidas, como é o caso da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC) e seus 6 programas especiais, com destaque para a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), como redutor de demanda por áreas novas de plantio e que pode ser replicada em todos os países tropicais do globo.

Outro destaque é o plantio de florestas para uso industrial, como a siderurgia, fabricação de papel e celulose, indústria moveleira e de construção. Já são 10 milhões de hectares de florestas plantadas.

Além disso, a Agricultura 4.0 vem sendo cada vez mais difundida, com a digitalização, a conectividade e a internet das coisas (IoT), trazendo para o agronegócio e para o campo uma juventude preparada para assumir procedimentos modernos e eficientes de gestão, com o uso de ferramentas que permitem operações muito mais eficazes e acessíveis economicamente.

Quanto ao uso e ocupação das terras, há um trabalho realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) que deixa claro que apenas 9% de todo o território nacional são ocupados pela agricultura. As pastagens ocupam outros 21,2% do território (Figura 2).

Figura 2. Quantificação territorial da ocupação, dos usos das terras e das áreas destinadas à preservação, conservação e proteção da vegetação nativa no Brasil (2021).

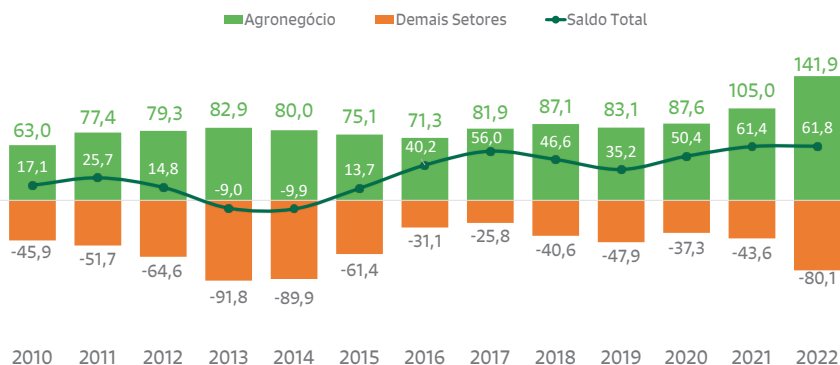


Fonte: Embrapa (2021).

O aumento da produção brasileira de alimentos dar-se-á com a transformação de pastagens em áreas agrícolas e com o aumento da produtividade, ou produção por área, e com as inovações tecnológicas, que continuam sendo geradas em órgãos de pesquisa, públicos ou privados, e nas Universidades.

Todos esses fatores tornam o agronegócio brasileiro um segmento fundamental para o crescimento da economia. Em 2021, ele representou 27,5% do PIB nacional, respondendo por parcela relevante do saldo comercial. E as exportações têm crescido sistematicamente, gerando um saldo positivo na balança comercial brasileira (Gráfico 2).

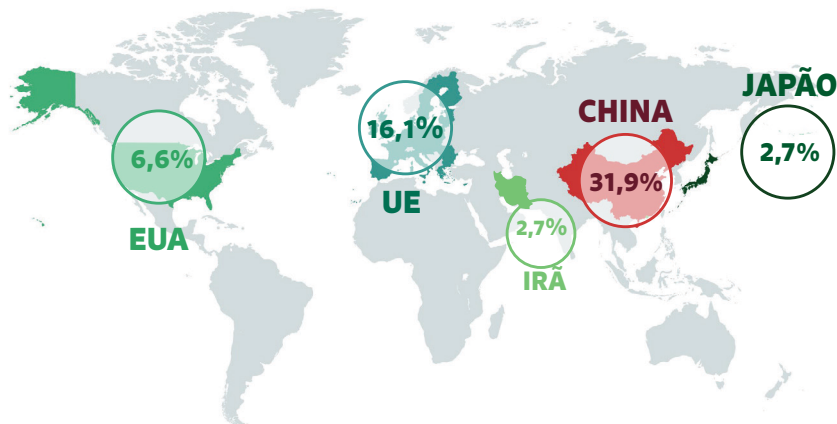
Gráfico 2. Saldo da Balança Comercial Brasileira de 2010 a 2022.



Fonte: MDIC, AgroStat/MAPA. Elaboração: CNA.

Mais interessante é a diversificação dos destinos das exportações (Figura 3) que cresceu muito mais nos países emergentes e em desenvolvimento, em especial para a Ásia, com grande destaque para a China.

Figura 3. Principais Destinos das Exportações do Agronegócio Brasileiro.



Fonte: MDIC, AgroStat/MAPA. Elaboração: CNA.

O Brasil, portanto, vem cumprindo seu papel de grande supridor mundial de alimentos, energia e fibras. Segundo a Embrapa, o Brasil

já contribui para a alimentação de 800 milhões de pessoas no mundo todo, e chegará a 1 bilhão em menos de 10 anos.

Surgem então duas perguntas: o Brasil pode crescer os 50% na exportação de alimentos? E vai crescer?

A primeira tem resposta positiva porque os fatores favoráveis que trouxeram o Brasil exitosamente até este patamar ainda persistem, tanto os internos (tecnologia tropical sustentável, terra disponível e gente capaz) quanto o externo (mercado demandante). Já a segunda pergunta não tem resposta fácil. E será positiva se houver uma estratégia clara, com políticas públicas estabelecidas em conjunto com as cadeias produtivas do setor privado, considerando um conjunto de temas.

O primeiro tema está relacionado à infraestrutura e logística. A partir dos anos 1970 do século passado a atividade rural deixou de ser costeira e migrou para o interior. O centro-oeste, por exemplo, teve o cerrado tomado por inovações técnicas criadas inicialmente pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), e depois ampliadas com grande competência pela Embrapa. Produtores foram para a fronteira agrícola com coragem e determinação, mas a infraestrutura não foi. Será preciso muito investimento, por meio de parcerias público-privadas, o que só acontecerá se houver maior segurança jurídica. Alterações no arcabouço legal, principalmente no que tange às legislações ambiental e trabalhista, levam a uma excessiva judicialização que inibem investimentos. Sem mencionar a urgência em reformas estruturantes, como a tributária e a administrativa.

O segundo tema é uma consistente política de renda, com o seguro rural funcionando à altura do agro brasileiro. O seguro rural, como conhecido, foi criado por lei em 2003 e até hoje não cobre 10% da área agricultada brasileira, porque faltam recursos orçamentários em todos os planos de safra. Com o seguro funcionando corretamente, o crédito tenderá a vir de forma mais fluida. Todos os bancos terão interesse

em emprestar ao produtor rural segurado, desobrigando os bancos públicos do difícil compromisso de financiar a atividade agropecuária.

O terceiro tema é uma política comercial diplomática, de resultados, agressiva, em busca de acordos bilaterais ou multilaterais (como o que se discute entre União Europeia e Mercosul) que alcancem novos mercados, sobretudo com países de muitos consumidores. Sem novos mercados é uma temeridade aumentar a produção.

Necessário também será ampliar o comércio de produtos de maior valor agregado, o que terá reflexos positivos na geração de empregos e renda em todas as cadeias de valor. Tecnologia para isso o Brasil já possui, e em nada pressionará a comercialização de *commodities*.

O quarto é tecnologia. Se é verdade que o Brasil possui a melhor tecnologia tropical sustentável, também é verdade que se trata de um processo dinâmico, no qual os avanços precisam ser permanentes. Uma nação sem ciência e tecnologia está fadada ao fracasso. Será fundamental reconstruir o Sistema Brasileiro de Pesquisa Agropecuária, sob a liderança da Embrapa e composto de entidades estaduais de pesquisa, Universidades e até mesmo o setor privado, pelo bem do Brasil.

Um quinto tema está diretamente relacionado à sustentabilidade, sobretudo no que diz respeito à defesa sanitária, rastreabilidade, certificação e descarbonização. As empresas do agronegócio deverão adotar práticas modernas com base nos fatores ESG (de inglês, *Environmental, Social e Governance*) e terão que desenvolver as métricas e metas brasileiras quanto à pegada de carbono, para discutir com os concorrentes em bases científicas irretorquíveis.

Outro ponto essencial, o sexto, está vinculado à melhor organização dos produtores rurais, sobretudo por meio de um cooperativismo fortalecido e respeitado. No Brasil, quase 75% dos produtores, em especial os pequenos, estão fora do mercado, sem acesso a tecnologias e mecanismos de gestão que lhes permitam

avançar economicamente. Estes pequenos produtores (quase 4 milhões deles) não têm escala, que é fator essencial para a renda com a economia globalizada. Mas terão acesso a tudo via cooperativas, ou outras formas de organização, gerando escala com seus iguais.

No entanto, a questão ligada à imagem interna e externa do agro brasileiro, o sétimo ponto, atualmente está em descrédito devido aos atos criminosos cometidos por outros agentes, e injustamente atribuídas aos produtores rurais. É o caso de desmatamentos ilegais, sobretudo na Amazônia, dos incêndios criminosos por todo o país, da grilagem de terras, do descumprimento de contratos, do garimpo em terras indígenas ou públicas, e outras delinquências que precisam ser rigorosamente fiscalizadas, e seus infratores punidos com rigor.

Há outras questões importantes, como a modernização de legislações obsoletas, o excesso de judicialização que emperra o cumprimento de legislações básicas, como o Código Florestal; ou ainda a ausência de regularização fundiária que proteja o pequeno produtor que foi atraído pelos governos passados para a floresta tropical, e até hoje não tem sua propriedade registrada, o que impede o acesso ao crédito pela falta de garantias reais a oferecer aos bancos. São todos problemas antigos e têm que ser resolvidos com medidas governamentais fortes e contínuas, intensificando a fiscalização à exaustão, e punindo exemplarmente os envolvidos.

Com essa estratégia toda implantada, o Brasil conseguirá certamente se transformar no campeão mundial da segurança alimentar sustentável e, por conseguinte, será o campeão mundial da paz, visto não haver paz enquanto houver fome.

Referências Bibliográficas

BATALHA, M. O. Gestão Agroindustrial. São Paulo: Editora Atlas, 3 Ed., v. 1, 2007. 778 p.

BRASIL. Comex Stat/Ministério da Economia, 2021.

CASTRO, A. M. G. Análise da competitividade da cadeia produtiva. Workshop de Cadeias Produtivas e Extensão Rural na Amazônia, Manaus, 2000.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento, 2022.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Dimensão territorial das áreas dedicadas à preservação da vegetação nativa nos imóveis rurais do CAR no Brasil e por regiões, biomas, estados e municípios. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/car-2021/resultados#:~:text=As%20%C3%A1reas%20dedicadas%20%C3%A0%20preserva%C3%A7%C3%A3o,%2C7%25%20do%20territ%C3%B3rio%20nacional.https://www.embrapa.br/car-2021/resultados>. Acesso em: dez. 2022.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome Declaration on World Food Security. World Food Summit. Rome, 1996.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP e WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. Repurposing food and Agricultural policies to make Healthy diets more affordable. Rome, 2022.

SILVA, A. G. Coletânea “Agricultura Tropical — Quatro décadas de inovações, tecnológicas, institucionais e políticas”, 2005 a 2008.

WRI. World Resources Institute. World Resources Report: Creating a sustainable food future, 2019.

2) Conceitos sobre o Agro 4.0 e Indústria 4.0

Claudio Leones Bazzi, Kelyn Schenatto, Ricardo Sobjak

Ao longo da história da humanidade, a agricultura desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento das civilizações, permitindo inicialmente que o homem habitasse em locais considerados férteis para produção de alimentos e deixasse sua vida nômade de caçador e coletor de alimentos. Com isso, desenvolveram-se os povoados e posteriormente as cidades, aumentando a população e conseqüentemente a demanda por alimentos. Esse cenário impulsionou o desenvolvimento de novas práticas agrícolas, a ampliação das áreas de cultivo e a introdução de novas culturas. Com o passar dos anos, devido à demanda, áreas têm sido ocupadas visando o aumento da produção em função da quantidade de área cultivada. Como em certos países há um esgotamento expansivo devido a ocupações em massa, têm se buscado estratégias para o aumento da produtividade das culturas nas áreas já exploradas, investindo-se na aplicação de tecnologias para produzir mais e de forma mais eficiente.

A aplicação de tecnologias no campo não é algo tão recente e foi impulsionada pelas pesquisas de agricultura de precisão (AP), ainda no início do século XX, que envolve esforços para aplicar tecnologias no campo que ajudem o produtor a aumentar o rendimento de suas lavouras e reduzam o impacto ambiental. Porém, nos últimos anos, com a menor capacidade de expandir as áreas produtivas e a

necessidade de desenvolver estratégias que busquem diminuir, ainda mais, as perdas e os desperdícios ao longo de toda cadeia de produção, conseqüentemente, visando atingir a máxima capacidade de produtividade agrícola, viu-se a necessidade de avançar com maiores esforços na inovação desse campo de estudo, e a aplicação de tecnologias digitais na produção agrícola tem sido o foco de muitas pesquisas.

Atualmente, diante do crescimento exponencial da população mundial e mudanças climáticas, a agricultura sofre o grande desafio de garantir a segurança alimentar de forma sustentável. Segundo o MAPA (2021), a solução do futuro é a inovação, especialmente a inovação agrícola, associando o biológico e o digital. Verifica-se, portanto, oportunidades de países em que a agricultura pode ser vista como uma forma de alavancar a sua participação no mercado internacional de commodities agrícolas (VEECK *et al.*, 2020) e até mesmo pode ser considerada a força motriz para melhorar o desempenho da economia (MUELLER; MUELLER, 2016; GUSAROVA, 2019).

Diante do vasto contexto em que se insere o agronegócio, que abrange etapas até mesmo de antes do plantio até as de distribuição dos produtos industrializados aos consumidores, o termo Agro 4.0 surgiu como uma analogia ao termo Indústria 4.0, e faz referência ao processo de digitalização do agronegócio. É importante lembrar que no passado, outras revoluções da agricultura também andaram de mãos dadas com as inovações na área industrial (Figura 1). Para Zambon *et al.* (2019), a revolução da tecnologia agrícola começou com a Agricultura 1.0, caracterizada pela força animal e pela agricultura de subsistência; então o motor de combustão marcou a Agricultura 2.0, com o uso de máquinas e equipamentos no campo; no período compreendido entre 1990 e 2010, a Agricultura 3.0 foi marcada pelos sistemas de orientação, quando os sinais do sistema de posicionamento global — GPS (Global Positioning System) foram

disponibilizados ao público, e a AP, visando apresentar estratégias por meio da automação para aumentar a produtividade das culturas e dando-se importância a sustentabilidade.

Figura 1. Etapas da evolução da agricultura.



Fonte: elaborado pelos autores.

O Agro 4.0 compreende o uso integrado de tecnologias digitais como internet das coisas (IoT), Big Data, realidade aumentada, robótica, sensores, impressão em 3D, integração de sistemas, Inteligência Artificial (IA), aprendizado de máquina (ML), entre outras tecnologias emergentes (KLERKX *et al.*, 2019). Segundo vários autores, a proposta é mudar radicalmente os processos produtivos das culturas e o fornecimento de alimentos e bioenergia. Ainda podem ser encontrados na literatura termos como Agricultura Inteligente (BLOK; GREMMEN, 2018; WOLFERT *et al.*, 2017), Agricultura Digital (KEOGH; HENRY, 2016; SHEPHERD *et al.*, 2018), ou ainda AP (LEONARD *et al.*, 2017). Independente do termo exato utilizado, sua aplicação implica que as tarefas de gestão, a serem realizadas dentro e fora

do campo, se concentram em diferentes tipos de dados (como clima), fornecidos por sensores, veículo aéreo não tripulado (VANT), satélites, para monitorar solo, água, plantas, animais. Os dados obtidos são utilizados para interpretar o passado, prever ações e acontecimentos futuros e tomar decisões mais oportunas e precisas, por meio do constante monitoramento (KLERKX *et al.*, 2019).

No Agro 4.0, estabeleceram-se o uso de tecnologias como máquinas autônomas para realização de pulverização, semeadura e colheita, com movimentos controlados por sistema de navegação por satélite (GNSS, Global Navigation Satellite System), que aliado a outras tecnologias como sensores, válvulas eletro-hidráulicas e acelerômetro, automatizam o direcionamento das máquinas agrícolas na lavoura durante sua operação. A automação contribui para uma precisão maior na aplicação de defensivos, por exemplo, além de dar maior agilidade às manobras. Isso reduz significativamente as falhas de aplicações, desperdícios e sobreposições.

Avalia-se ainda o uso de robôs automatizados para realização de determinadas tarefas como colheita de frutas e vegetais e remoção manual de ervas daninhas. Tais máquinas autônomas melhoram a qualidade e rendimento de determinadas tarefas, reduzindo a dependência de trabalhos manuais.

Se ousarmos comparar o contexto da revolução da Indústria 4.0 com a revolução Agro 4.0, veremos que o meio agrícola engloba uma complexidade significativa em relação à indústria, considerando que o agronegócio corresponde ao conjunto global das operações de produção e distribuição de suprimentos agrícolas, das operações de produção nas unidades agrícolas, do armazenamento, processamento e distribuição dos produtos agrícolas e itens produzidos a partir deles, incluindo os serviços de apoio. Ou seja, essa complexa cadeia, para fins do Agro 4.0, deve buscar a integração horizontal e vertical, que envolve além da vasta gama de áreas e contextos ao qual o

agronegócio se insere, existe ainda a dinâmica da produção e os inúmeros fatores que podem influenciar no desenvolvimento das atividades produtoras, incluindo fatores biológicos e climáticos.

Na Indústria, no geral, sabe-se qual o resultado final da produção, obtendo-se um alinhamento do projeto e da produção muito próximo ao desejado. Já no agronegócio, o produto final é imprevisível e nem sempre é obtido como o esperado. Por exemplo, se formos considerar o cultivo do milho, temos diferentes variedades, com precocidades distintas, características de produção e resistências a chuvas, frio e vento, únicas de cada variedade, sem termos conhecimento de como será o exato resultado final. Atrelado a isso, não temos como controlar fatores externos, as condições pluviométricas, temperatura devido a necessidade da exposição ambiental e eventos que contribuem com um alto grau de incerteza na cadeia de produção, gerando uma falta de previsibilidade (ZAMBON *et al.*, 2019).

No mesmo aspecto, em ambientes de produção animal, por exemplo, apesar de ser possível certo controle do ambiente, o uso de tecnologias 4.0 em alguns casos é dificultado por aspectos biológicos que envolvem a alimentação, linhagem, estabilidade da temperatura, umidade, entre outros, sendo que, apesar de possíveis de serem controlados, possuem um alto custo agregado, como, por exemplo, gastos com aquecimento dos locais de produção, por meio de queima de gás, ou lenha, ou refrigeração dos ambientes, culminando em gastos com energia elétrica para acionamento de sistemas de refrigeração e que dependem da eficiência de cada sistema.

Apesar das dificuldades encontradas na cadeia produtiva do agronegócio, o emprego de tecnologias digitais, com métodos computacionais de alto desempenho, comunicação máquina a máquina (M2M), redes de sensores, conectividade entre dispositivos, automação e robótica agrícola, computação em nuvem e IoT, combinadas com inteligência artificial e aprendizado de máquina, está fortemente ligada ao Agro 4.0 para fornecer melhores *insights*

aos produtores, com recomendações específicas sobre o manejo da lavoura, desempenho de máquinas, manejo de pragas e doenças, entre outras (ALCANTARA *et al.*, 2021). Tudo isso reflete no aumento dos índices de produtividade, eficiência no uso de insumos, redução de custos e mão de obra e do impacto ao meio ambiente. Wolfert *et al.* (2014) afirmam que a revolução Agro 4.0 tem potencial para aumentar a produção global de alimentos e suprir as necessidades da crescente população, que deve atingir 9,7 bilhões de pessoas em 2050.

Com base em uma extensa revisão dos principais autores da área, Sponchioni *et al.* (2019) fizeram um compilado dos principais pontos de vista que o conceito de Agricultura 4.0 é abordado, de acordo com a área de conhecimento e traz uma definição abrangente sobre o tema: “Agricultura 4.0 corresponde a uma evolução da Agricultura de Precisão, realizada através da coleta automatizada de dados, integração e análise de conjuntos de dados separados previamente, vindos do campo, obtidos por sensores e fontes de terceiros que foram possibilitados por meio do uso de tecnologias inteligentes e digitais da Indústria 4.0, permitindo, desta forma, geração de conhecimento para dar suporte a produtores no processo de tomada de decisão, no meio agrícola e sua interação com os diferentes atores da cadeia de valor agrícola e alimentar, rompendo assim os limites do local de produção de forma isolada. O objetivo final é o aumento da rentabilidade e a sustentabilidade econômica-ambiental-social da agricultura. Perspectiva de evolução da AP, interpreta a Agricultura 4.0, em um contexto histórico, como um avanço da AP. A razão dessa evolução é que a gestão das decisões não é mais baseada somente na variabilidade do campo e sim em todo o contexto de produção (WOLFERT *et al.*, 2014; HIMESH *et al.*, 2018).

Avaliando perspectivas, como a da própria Indústria 4.0, a Agricultura 4.0 é vista como a própria tecnologia empregada na indústria, mas no contexto agrícola, envolvendo-se todos os processos com alta conectividade e comunicação visando se tornar

um sistema inteligente e integrado que possibilita tomar decisões de forma automática (GACAR *et al.*, 2017; BRAUN *et al.*, 2018). Neste ponto de vista, verifica-se a naturalidade com que o tema é tratado, pois, simplesmente parte-se de uma aplicação diferente do que já existe, ou seja, como se mudasse a linha de produção para outro produto. Apesar de uma simples analogia, este fato nos traz uma certa confiança do setor que desenvolve tecnologias para indústria, de que tais tecnologias podem não só serem aplicadas ao meio agrícola, como também, são confiáveis no aspecto técnico e são operáveis de forma facilitada e automatizada. Apesar do contexto apresentado, há muitos fatores a serem levados em conta quanto à diferenciação dos ambientes industriais e agrícolas. Iremos tratar aqui, apenas quatro aspectos técnicos e que necessitam de certa adaptação:

1) Conectividade: se por um lado a conectividade na indústria fica, geralmente, a cargo de redes cabeadas e de curta distância, o que aumenta seu desempenho, por outro lado, no campo, a conectividade deve ser ampla, considerando áreas produtivas de até milhares de hectares (em especial no caso do Brasil). Neste aspecto, há de se considerar que a transmissão em redes de alto desempenho não é aplicável, devido à necessidade de utilização de redes sem fio, que normalmente são bem aquém de redes cabeadas, quanto à transmissão de dados. Certo é que estes sistemas têm evoluído muito nos últimos anos, como é o caso do surgimento da tecnologia 5G, mas o nível de cobertura do sistema ainda é um limitante em áreas rurais distantes de grandes centros.

2) Segurança: no campo, nada impede de alguém ter acesso à rede ou instalar algum sistema que possibilite se infiltrar na rede de comunicação, roubar dados, parar sistemas ou mesmo alterar níveis de aplicação de defensivos ou água aplicada em um sistema de irrigação controlado remotamente. Ou seja, tem-se a facilidade

de acesso em função da dificuldade de controle no acesso das áreas cobertas pela rede de comunicação. Talvez, surjam aqui, inúmeras possibilidades de controle destes fatores, mas para que uma tecnologia seja aplicada, ela precisa ser viável, e, portanto, há uma limitação quanto às possibilidades.

3) Clima: em ambiente externo, o uso de sensores precisa evoluir para suportar condições adversas, não só de chuva, mas umidade, calor, frio, vento, entre outros. Ainda, a transmissão de dados pode ser prejudicada por estas interferências.

4) Geolocalização/ posicionamento de máquinas e equipamentos: no cenário agrícola, apesar da eficiência dos sistemas de posicionamento global, tem-se dificuldade em se manter o posicionamento exato e conhecido de máquinas e equipamentos que trabalham em conjunto. Dentre os principais fatores relacionados ao problema, tem-se o relevo, que na maioria dos locais não é plano, bem como a presença de áreas de matas e reservas que contornam talhões e que interferem na geolocalização e correção diferencial.

Estes são desafios a serem vencidos pelos fornecedores de tecnologia da Indústria 4.0 e que têm buscado viabilizar soluções para novas aplicações neste contexto dinâmico que é o agronegócio. O que se tem percebido é uma evolução constante e bastante acelerada, considerando a viabilidade econômica de aplicação destas tecnologias no campo.

No cenário envolvendo autores que comentam sobre tecnologias digitais, a interpretação do tema se concentra em uma espécie de digitalização do setor agrícola, em que tecnologias como IoT, Big Data, VANTs e robôs, são base para essa atual transformação (PEREZ-BEDMAR, 2018; PIWOWAR, 2018). Cabe bem lembrar, que a aplicação destas tecnologias se baseia na conectividade e na

integração de sistemas para que a obtenção de dados seja massiva e realizada de forma rápida em que o desenvolvimento de processos produtivos seja o mais automatizado possível. Em relação às formas de armazenamento, processamento e gerenciamento de dados, existem uma gama de soluções integradas e que permitem que este contexto não seja uma das maiores preocupações para a viabilização da Agricultura 4.0. Apesar disso, o custo envolvido ainda precisa ser explorado para que tenhamos um ambiente economicamente viável e estimulante para que o uso da tecnologia sirva para o aumento de lucratividade dos produtores e não somente o aumento da produção. Relacionado em especial ao armazenamento e gerenciamento de dados, é importante ter em mente que assim como a Agricultura de Precisão conceitua, tem-se um ciclo de dados e procedimentos a cada safra, necessitando minimamente algumas informações serem armazenadas para manutenção de um ciclo histórico de informações. Isso significa que os bancos de dados e os problemas com processamento de grandes volumes de dados devem apresentar aumento significativo ao longo dos anos. Desta forma, a filtragem de dados e o armazenamento de “somente o que importa” é fundamental.

Sob a perspectiva de tomada de decisão, esta evolução na agricultura é vista como a capacidade de impulsionar a tomada de decisão do agricultor. Por meio dos dados, tem-se desde a simples consciência sobre os fatos que acontecem no campo, até decisões automatizadas, graças à integração de grandes quantidades de dados (SHEN *et al.*, 2010; ZHANG, 2011). Os agricultores normalmente tomam decisões fortemente ponderados pela sua própria experiência, tendo um comportamento guiado tipicamente pela intuição (MCCOWN, 2005). Ao coletar e integrar grandes quantidades de dados, tornam-se as decisões dos agricultores mais baseadas em fatos e métodos científicos e menos baseadas em intuição (MCCOWN, 2002). Esses autores definem a Agricultura 4.0 como

forma de alavancar o conceito de decisões informadas, seguras e mais assertivas.

Em uma perspectiva mais do ponto de vista gerencial e envolvendo toda a cadeia do agronegócio, verifica-se um horizonte além dos limites agrícolas (*Beyond the Farm Boundaries*). Nesta visão, também importa ao contexto Agro 4.0 a inserção de atores que não atuam diretamente dentro do talhão, incluindo fornecedores de sementes, insumos, pesticidas, máquinas, serviços financeiros, de fiscalização, além, é claro, do cliente (ESMEIJER *et al.*, 2015). Pedidos de ração para animais podem ser gerados por sistemas autônomos e que permitem uma logística e aproveitamento melhor dos recursos de transporte, por exemplo. Alertas de pragas ou doenças também podem prever situações de controle precoce em áreas vizinhas, considerando a geolocalização de áreas que apresentam problemas na região. O cliente pode rastrear seus produtos a partir da colheita, que pode também acompanhar remotamente, assim como o silo de recepção de grãos pode se preparar para o recebimento de certo volume colhido a partir dos dados enviados pelas colhedoras.

Com essa integração de atores, na qual o uso de tecnologias 4.0 é primordial, promove-se um ambiente que facilita muito o planejamento e a organização, reduzindo-se custos e melhorando a lucratividade das propriedades. E falando nisso, de forma geral, para alguns autores, o uso da tecnologia 4.0 está relacionada à meta que se busca alcançar, comentando que objetiva a sustentabilidade econômica, ambiental e social, buscando o aumento da lucratividade dos ambientes produtivos (SONKA, 2016; HIMESH *et al.*, 2018). Torna-se ainda, um ambiente mais flexível, deixando a cargo do produtor escolher parceiros e acesso a serviços que necessita de forma mais eficiente (WOLFERT *et al.*, 2017).

Para o European Agricultural Machinery Association (CEMA, 2018), a Agricultura 4.0 se apresenta como uma evolução da Agricultura de Precisão, referindo-se ao fato de que a agricultura

digital faz uso da tecnologia de AP, mas que incorpora o uso de redes inteligentes e ferramentas de gerenciamento de dados. O CEMA afirma ainda que os dados são a chave para que a Europa se mantenha sustentável e permaneça competitiva no mercado global.

No Brasil foi formalizada em 15 de agosto de 2019 a Câmara do Agro 4.0, mediante um acordo de cooperação técnica entre Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações (MCTI), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) e a Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB). O conselho objetiva formular diretrizes para integração e harmonização das iniciativas para o desenvolvimento do Agro 4.0 no país. Para o MAPA (2021), os maiores desafios do Agro 4.0 ainda envolvem a assistência técnica, capacitação dos produtores e a extensão rural do país, que precisam ser priorizadas tanto por políticas governamentais como por iniciativas do setor privado, trazendo soluções a médio e longo prazo, que serão fundamentais para o estabelecimento de um cenário menos excludente e mais sustentável.

No Brasil, o cenário para absorção da tecnologia 4.0 é de grande diferenciação entre os produtores e as capacidades de absorção de tecnologia 4.0, em especial, devido à área continental do país, ao tamanho das propriedades rurais, ao nível de utilização tecnológica, aos investimentos necessários e às dificuldades de conectividade e à assistência técnica.

Definida de inúmeras formas e com diferentes olhares de inserção do Agro 4.0, pela interdisciplinaridade, percebe-se que a maturidade das tecnologias apresentadas é processual, assim como foi com outras que temos hoje, inserida aos poucos, dando espaço para entender as dificuldades e buscar as soluções de forma a atender seus objetivos. Como o agronegócio possui uma diversificada área de atuação, existe um grande desafio para evoluir toda a cadeia produtiva, da forma de

gestão tradicional à adoção de soluções abrangentes, integradas e automatizadas, para que o agronegócio seja ainda mais forte.

Quando se envolvem muitas ideias, de diferentes visões, é natural que se tenha soluções mais próximas do que se deseja e sempre seja melhorada. Portanto, o Agro 4.0, apesar de ter como meta a sustentabilidade socioambiental e melhor rentabilidade, ainda é nova e certamente surgirão novos conceitos vindos de outros olhares, de outras perspectivas, talvez até aqui nem lembradas, mas que futuramente podem se tornar grandes potenciais econômicos, viabilizados por esta impressionante gama de tecnologias que está cada vez mais presente e disponível.

Referências Bibliográficas

ALCANTARA, I. R.; SCHIMIDT, J. G. A.; VIAN, C. E. F.; BELARDO, G. Agriculture 4.0: Origin and features in the world and Brazil. *Quaestum*, v. 2, pp. 1–14, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.22167/2675-441X-20210564>.

BLOK, V.; GREMMEN, B. Agricultural Technologies as Living Machines: Toward a Biomimetic Conceptualization of Smart Farming Technologies. *Ethics, Policy & Environment*. v. 21, pp. 246–263, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/21550085.2018.1509491>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Potencialidades e desafios do agro 4.0: GT III “Cadeias Produtivas e Desenvolvimento de Fornecedores” Câmara do Agro 4.0 (MAPA/MCTI)/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Sustentável e Irrigação. Brasília: Mapa/ACES, 2021. 66 p. ISBN: 978-65-86803-67-9.

BRAUN, A.; COLANGELO, E.; STECKEL, T. Farming in the Era of Industrie 4.0. *Procedia CIRP*, v. 72, pp. 979–984, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.176>.

GUSAROVA, S. Role of China in the development of trade and FDI cooperation with BRICS countries. *China Economic Review*. v. 57, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2019.01.010>.

HIMESH, S.; PRAKASA RAO, E. V. S.; GOUDA, K. C.; RAMESH, K. V.; RAKESH, V.; MOHAPATRA, G. N.; KANTHA RAO, K.; SAHOO, S. K.; AJILESH, P. Digital

revolution and Big Data: a new revolution in agriculture. CAB Reviews, v. 13, 2018. Disponível em: DOI:10.1079/PAVSNR201813021

KEOGH, M.; HENRY, M. The Implications of Digital Agriculture and Big Data for Australian Agriculture. Research Report, Australian Farm Institute, Sydney, Australia, 2016. ISBN: 9781921808388.

KLERKX, L.; JAKKU, E.; LABARTHE, P. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS — Wageningen Journal of Life Sciences*, v. 90-91, pp. 1–16, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>.

LEONARD, E.; RAIBOW, R.; LAURIE, A.; DAVID, L.; LIEWELLYN, R.; PERRETT, E.; SANDERSON, J.; SKINNER, A.; STOLLERY, T.; WISEMAN, L.; WOOD, G.; ZHANG, A.; TRINDAL, J.; BAKER, I.; BARRY, S.; DARRAGH, L.; ROSS, D.; GEORGE, A.; HEATH, R.; JAKKU, E. Accelerating precision agriculture to decision agriculture: Enabling digital agriculture in Australia. Department of Agriculture and Water Resources, 2017. 101 p. ISBN: 9780995432383.

MCCOWN, R. L. Changing systems for supporting farmers' decisions: problems, paradigms, and prospects. *Agricultural Systems*, v. 74, pp. 179–220, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(02\)00026-4](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00026-4).

MCCOWN, R. L. New Thinking About Farmer Decision Makers. In: *The Farmer's Decision: Balancing Economic Successful Agriculture Production with Environmental Quality*. J.L. Hatfield (ed.) Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa, USA, pp. 11–44.

MUELLER, B.; MUELLER, C. The political economy of the Brazilian model of agricultural development: institutions versus sectoral policy. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, v. 62, pp. 12–20, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.qref.2016.07.012>.

OZDOGAN, B.; GACAR, A.; AKTAS, H. Digital agriculture practices in the context of agriculture 4.0. *Journal of Economics, Finance and Accounting*, v. 4, pp. 186–193, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.17261/Pressademia.2017.448>.

PEREZ-BEDMAR, J. Agriculture 4.0, What Is It? *IoT Security Review*, pp. 9–12, 2018.

SHEN, S.; BASIST, A.; HOWARD, A. Structure of a digital agriculture system and agricultural risks due to climate changes. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, v. 1, pp. 42–51, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2010.09.006>.

SHEPHERD, M.; TURNER, J. A.; SMALL, B.; WHEELER, D. Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the 'digital agriculture' revolution. *Journal of Food and Agriculture*, pp. 5083–5092, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9346>.

SPONCHIONI, G.; VEZZONI, M.; BACCHETTI, A.; PAVESI, M.; RENGA, F. The 4.0 revolution in agriculture: a multi-perspective definition. XXIV Summer School "Francesco Turco" — Industrial Systems Engineering. pp. 143–149, 2019.

VEECK, G.; VEECK, A.; YU, H. Challenges of agriculture and food systems issues in China and the United States. *Geography and Sustainability*. v. 1, pp. 109–117, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.05.002>.

WOLFERT, S.; GE, L.; VERDOUW, C.; BOGAARDT. Big Data in Smart Farming — A review. *Agricultural Systems*. v. 153, pp. 69–80, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>.

WOLFERT, S.; GOENSE, D.; SORENSEN, C. A. G. A future internet collaboration platform for safe and healthy food from farm to fork. Annual SRII Global Conference. pp. 266–273, 2014. 10.1109/SRII.2014.47

ZAMBON, I.; CECCHINI, M.; EGIDI, G.; SAPORITO, M. G.; COLANTONI, A. Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a Future Development for SMEs. *Processes*. v. 7, pp. 1–16, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/pr7010036>

ZHANG, Y. Design of the node system of wireless sensor network and its application in digital agriculture. *Proceedings — International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring, CDCIEM 2011*. IEEE, pp. 29–35, 2011.

3) Agro 4.0: o papel da pesquisa e perspectivas para a transformação digital na agricultura

Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá, Maria Angelica de Andrade Leite, Édson Luis Bolfe

Introdução

O rápido crescimento populacional tem impulsionado a demanda por mais alimentos, fibras, energia e água, o que está associado ao aumento da necessidade de uso dos recursos naturais de forma mais sustentável. Essas demandas do mercado agropecuário global, aliadas às tendências alimentares baseadas em novas exigências do consumidor final, muito mais empoderado e preocupado com nutrição e saúde, têm imposto crescentes desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável da agricultura brasileira nas três dimensões (ambiental, econômica e social).

É importante ressaltar ainda a pressão sobre o mercado para a adoção de melhores práticas de governança corporativa, ambiental e social (em inglês ESG — Environmental, Social and Governance) (PACTO GLOBAL; STILINGUE, 2021).

Por outro lado, as tecnologias digitais têm surgido para apoiar o setor produtivo e as organizações em relação às políticas de ESG, bem como o desenvolvimento de sistemas que visam proporcionar uma vida híbrida pós-pandemia (presencial e online). Surgem também

novos paradigmas como metaverso, citado pela primeira vez na obra *Nevasca* de Neal Stephenson (1992), que visa a integração do mundo físico e virtual em um espaço coletivo e compartilhado a partir de uma combinação de tecnologias já existentes, como a realidade virtual e realidade aumentada, aliadas a outros conceitos como as tecnologias de redes sociais, gêmeos virtuais, robôs e *cyberboots*.

O cenário que desponta na agricultura com essa nova revolução tecnológica se insere na chamada quarta revolução industrial (SCHWAB, 2018). Suas bases conceituais abordam aspectos associados à Agricultura 4.0 (ROSE; CHILVERS, 2018), que deriva da Indústria 4.0, e refere-se ao uso das tecnologias disruptivas na produção de alimentos. É importante ressaltar que essas tecnologias disruptivas englobam a biotecnologia, a engenharia genética, a nanotecnologia, a agricultura de precisão e robótica, além das tecnologias da informação e comunicação que são transversais e habilitadoras para todas elas.

Desde o seu surgimento, a agricultura se modernizou passando por várias fases. Na Agricultura 1.0 a força de trabalho era provida pela mão de obra das famílias, utilizando instrumentos manuais, ajudada pela tração animal. Na Agricultura 2.0 ocorreu a revolução verde, que trouxe inovações com o objetivo de aumentar a produtividade por meio da modificação genética de sementes, da introdução de novas técnicas de fertilização dos solos, da utilização de produtos e máquinas agrícolas. Na Agricultura 3.0 intensificou-se a mecanização agrícola com o surgimento da agricultura de precisão. O uso de máquinas e equipamentos na agricultura, desde a década de 1990, proporcionou importantes ganhos produtivos e maximizou o uso de insumos agrícolas.

A crescente conectividade no meio rural abriu caminho para transformação digital a partir da maior integração de dados de sistemas de sensores de campo, orbitais e também embarcados em Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), sistemas de posicionamento global, equipamentos e smartphones aliados ao uso das novas

tecnologias digitais como inteligência artificial, computação em nuvem, blockchain, IoT (Internet das Coisas), realidade aumentada e virtual, aprendizado de máquina e robótica entre outras. O processo culminou na etapa denominada Agricultura 4.0.

Neste contexto, a Agricultura 4.0 pode ser definida como uma produção agrícola mais baseada em conteúdo digital, tecnologia de ponta e conectividade em todos os elos da cadeia produtiva (pré-produção, produção, pós-produção), visando garantir a segurança alimentar, a segurança dos alimentos e a sustentabilidade. As tecnologias digitais passam a ser determinantes para auxiliar a tomada de decisão na gestão, a agregação de valor, a otimização no uso de insumos e de recursos naturais, a rastreabilidade e transparência do processo de produção, bem como o aumento da rentabilidade, eficiência e competitividade no mercado nacional e internacional.

Em geral, a base conceitual da Agricultura 4.0 é uma extensão do conceito de observar, medir e conectar máquinas da agricultura de precisão, evoluindo para o conceito de agricultura de decisão ou digital englobando plataformas de aprendizado de máquina e análise de dados oriundos de vários implementos agrícolas ou equipamentos como sensores, drones e robôs. O uso intensivo de inteligência artificial e de robôs agrícolas autônomos para atuar na agricultura levará a uma nova fase, a Agricultura 5.0, como apresentado por Massruhá *et al.* (2021).

A agricultura digital consiste na inserção de tecnologias digitais em todas as fases da cadeia de valor, promovendo vantagens competitivas e benefícios socioambientais, seja na denominada Agricultura 4.0, 5.0 ou em suas sucessoras ondas de progresso. Ela se baseia em conteúdo digital, por meio da aquisição e do processamento do grande volume de dados que vem sendo produzido em todas as etapas da cadeia produtiva, desde a pré-produção até a fase de pós-produção, passando pela produção (MASSRUHÁ *et al.*, 2020) com o uso de agricultura de precisão. Engloba tecnologias de comunicação, informação e

análise espacial que permitem ao produtor rural planejar, monitorar e gerenciar as atividades operacionais e estratégicas do sistema produtivo, desde a aquisição de insumos até a comercialização da produção.

Este capítulo objetiva apresentar análises que considerem o contexto mais amplo sobre as principais tecnologias digitais, aplicações e demandas do setor produtivo agrícola da Agricultura Digital no Brasil (antes, dentro e fora da porteira); o papel da Embrapa e parceiros em ecossistema de inovação aberta; e os principais desafios e expectativas da agricultura digital, que são insumos importantes para construir cenários de consolidação de uma agricultura mais sustentável no Brasil.

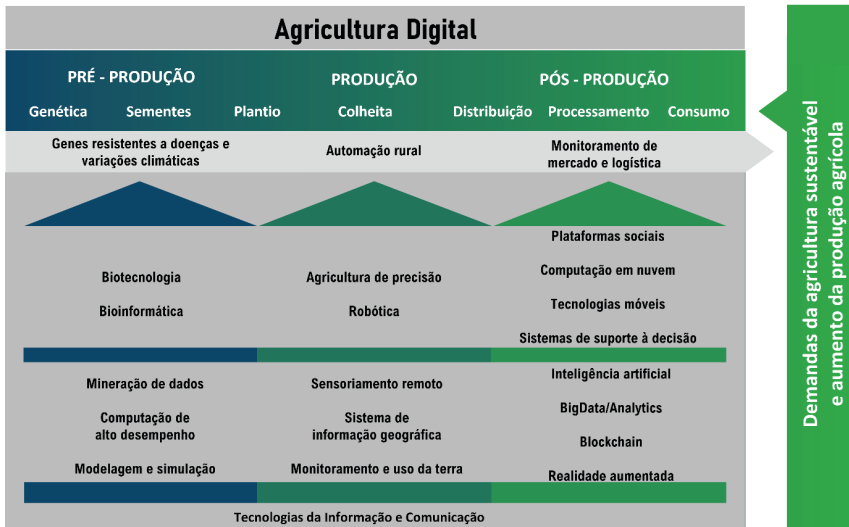
Agricultura Digital: difusão e megatendências

Atenta aos sinais e tendências globais e nacionais sobre as transformações sociais, econômicas, ambientais e tecnológicas na agricultura, a Embrapa estabeleceu desafios de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) associados ao futuro da agricultura brasileira dentro de um grupo de sete megatendências: Mudanças Socioeconômicas e Espaciais na Agricultura; Intensificação e Sustentabilidade dos Sistemas de Produção Agrícolas; Mudança do Clima; Riscos na Agricultura; Agregação de Valor nas Cadeias Produtivas Agrícolas; Protagonismo dos Consumidores; e Convergência Tecnológica e de Conhecimentos na Agricultura (EMBRAPA, 2018). Assim, a Embrapa tem envidado esforços para promover a automação, agricultura de precisão e digital como um dos pilares estratégicos do seu VII Plano Diretor (PDE 2020-2030) (EMBRAPA, 2020).

Nesse contexto, a agricultura digital tem assumido grande protagonismo, tornando-se um importante fio condutor de demandas de mercados consumidores atentos à sustentabilidade da produção no campo. Essa transformação se baseia na geração e no processamento de grandes volumes de dados digitais com potencial de inovação em

biotecnologia, mudança do clima, geotecnologias, mercados digitais, distribuição e logística, certificação, entre outros (Figura 1).

Figura 1. A agricultura digital na cadeia produtiva agrícola.



Fonte: MASSRUHÁ *et al.* (2020).

A busca por serviços e tecnologias digitais, iniciada a partir do processo da Indústria 4.0 (SCHWAB, 2018), tem moldado agendas de desenvolvimento em várias escalas. Internacionalmente, essa busca mostra-se presente na Agenda 2030, que envolve os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas. Projeta-se que a transformação digital para uma agricultura cada vez mais sustentável contribuirá sobremaneira para o alcance desses objetivos. Considere, por exemplo, o objetivo 2.4 da pauta ODS, dobrar a produtividade agrícola e a renda dos pequenos produtores de alimentos. Segundo Alves *et al.* (2020), 66% dos estabelecimentos agrícolas são muito pobres (renda bruta mensal de 0,5 salário-mínimo por estabelecimento) e 22,6% são pobres (renda bruta mensal de 4,66 salários mínimos por estabelecimento). Ainda segundo Alves *et al.*

(2020), tal condição de pobreza se deve essencialmente a imperfeições de mercado, isto é, a falta de acesso à informação e ao financiamento diminuem a competitividade e a eficiência. As tecnologias digitais podem impactar este quadro de diversas maneiras, a depender dos modelos de governança e de estímulos adotados. Esforços de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) podem gerar inovações com grande valor de mercado, mas que atendem preferencialmente grandes produtores, o que acentua as imperfeições de mercado. Nesse sentido, é importante buscar soluções digitalmente inclusivas para pequenos e médios produtores, mitigando as imperfeições de mercado causadas por assimetrias de acesso à informação e recursos financeiros, provendo soluções tecnológicas acessíveis que promovam a sustentabilidade sócio-econômica e ambiental.

Como apontado por Kruk *et al.* (2021), para os pequenos produtores a falta de recursos e capacitação, a distância e a desconexão limitam o alcance de iniciativas de sustentabilidade não digitais (ou “analógicas”), incluindo programas de responsabilidade social corporativa, certificação, rastreabilidade e serviços de extensão que se baseiam em métodos onerosos de amostragem e documentação. Tecnologias digitais inclusivas têm sido apontadas como alternativa para a superação de tais limitações, permitindo a coleta de dados sobre a interação entre produtores e o meio ambiente, tornando essas informações acessíveis a agentes da cadeia, como certificadores e clientes.

Além de mitigar assimetrias de mercado e adequar agendas de governança, as tecnologias digitais inclusivas têm potencial de promover ganhos em termos de escala, qualidade e eficiência de produção, ampliando a competitividade de produtos e serviços agropecuários brasileiros também no cenário mundial. Nessa perspectiva, o Brasil apresenta grande potencial de ofertar soluções tecnológicas em agricultura tropical digital para outros países, além de soluções para o controle sanitário de commodities agropecuárias por meio de sistemas de rastreamento. O McKinsey Global Institute

estima ser de US\$ 11,1 trilhões por ano, até 2025, o potencial de impacto na economia global de inovações em tecnologias digitais, em específico de IoT (MANYIKA *et al.*, 2015). Para o Brasil, o ganho econômico projetado é de US\$ 5,5 a US\$ 21,1 bilhões (PRODUTO 7C, 2017).

Contexto e demandas do setor produtivo

Projeções do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento indicam que a produção de grãos deverá atingir 333,1 milhões de toneladas no próximo decênio. Em relação ao que o país produziu em 2020–2021, o acréscimo até 2030–31 deverá ser de 71,0 milhões de toneladas. Em valores relativos, representa uma elevação de 27,1%, ou uma taxa anual de crescimento de 2,4%. A área de grãos deve expandir-se dos atuais 68,7 milhões de hectares para 80,8 milhões de hectares em 2030/31. A produção de carnes (bovina, suína e aves) entre 2020/21 e 2030/31 deverá aumentar em 6,6 milhões de toneladas, o que representa um acréscimo de 24,1% (MAPA, 2021). A agricultura de precisão e a transformação digital ocorrida no meio rural podem contribuir para que o Brasil atinja ou supere essas expectativas, fortalecendo a posição do País como um dos líderes mundiais na produção e exportação de alimentos, com base no aumento da produtividade e no uso sustentável dos recursos naturais.

Zhai *et al.* (2020) apontam que o futuro da utilização de sistemas de apoio à decisão na agricultura digital está na capacidade dos pesquisadores de melhor compreender os desafios desta tomada de decisão por parte dos produtores, incluindo suas aplicações no planejamento de atividades agrícolas, gestão de recursos hídricos, adaptação às mudanças climáticas e controle do desperdício de alimentos.

Para entender melhor a visão e a percepção dos produtores rurais e também das empresas, startups e prestadores de serviços em tecnologias digitais no Brasil foi realizada a pesquisa “Agricultura

Digital no Brasil: tendências, desafios e oportunidades: resultados de pesquisa online” numa parceria entre a Embrapa, o Sebrae e o INPE (BOLFE *et al.*, 2020a). A consulta teve abrangência nacional e um total de 504 questionários respondidos na íntegra por produtores rurais de todas as regiões, incluindo 154 da região Sul; 150 da região Sudeste; 137 do Nordeste; 39 do Centro Oeste; e 24 do Norte. Os cinco estados com maior número de respondentes foram: Rio Grande do Sul (19%), Minas Gerais (14%), São Paulo (12%), Bahia (11%) e Paraná (8%) que representam 64% dos entrevistados. Esses Estados fazem parte de regiões agrícolas consolidadas e, juntamente com Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul, integram os oito Estados com maior valor de produção agrícola bruta do Brasil.

Em relação às tecnologias digitais utilizadas, observou-se que aproximadamente 84% utilizam pelo menos uma das tecnologias elencadas na Figura 2 em seu processo produtivo e, conseqüentemente, 16% dos produtores rurais indicaram que ainda não utilizam nenhuma dessas tecnologias. Dentre as tecnologias utilizadas, destacam-se as de baixa complexidade, envolvendo acesso à internet e conectividade na propriedade (70%), aplicativos móveis, plataformas digitais e softwares para obtenção de informações gerais da propriedade (58%). Michels *et al.* (2020) destacam que há um aumento crescente de aplicativos de smartphones disponíveis para melhorar a tomada de decisão dos agricultores, do qual 95% deles já usam smartphone e destes, 71% possuem aplicativos específicos que fornecem informações sobre uma cultura específica, detecção e previsão de pragas ou doenças.

Tecnologias de média complexidade, aplicativos móveis, plataformas digitais e softwares de gestão de sistemas produtivos específicos (22%), sistemas de posicionamento global (20%), dados ou imagens de sensores remotos — satélite, avião, VANT (17%) e sensores de campo — planta, animal, solo, água, clima, doenças ou pragas (16%) são utilizados por uma parcela menor dos agricultores. Aqui,

destaca-se a consolidada tecnologia de sistemas de posicionamento global por satélite (GPS), que desde o início da implantação da agricultura de precisão tem apoiado uma gama cada vez maior de atividades e gerado inúmeros benefícios no meio rural.

Figura 2. Principais tecnologias digitais utilizadas pelos agricultores brasileiros nos sistemas de produção.



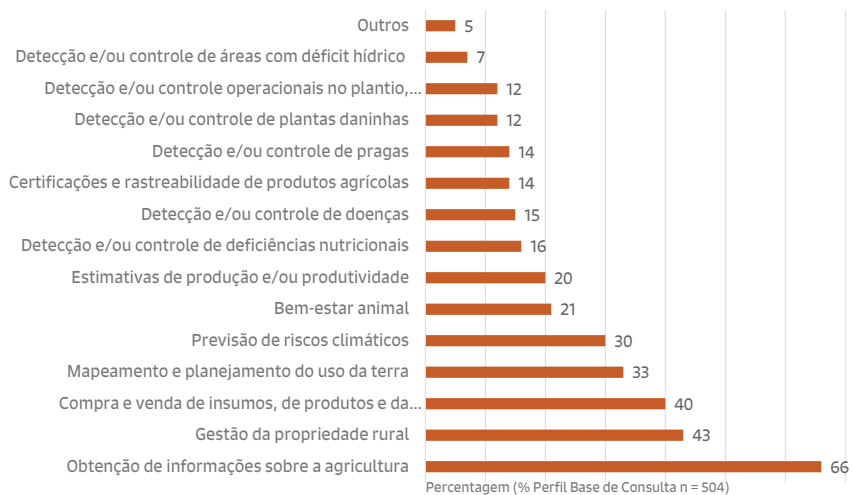
Fonte: Bolfe *et al.* (2020a).

As tecnologias mais complexas, associadas a máquinas ou equipamentos com eletrônica embarcada — por exemplo, piloto automático, telemetria e aplicativos em taxas variáveis (9%), sistemas automatizados ou robóticos (7%) e mapas digitais — por exemplo, a variabilidade espacial do solo, relevo, monitor de colheita, índices de vegetação e produtividade (5%), com alto potencial de retorno econômico, apresentam percentual de utilização relativamente baixo pelos agricultores entrevistados em relação às demais tecnologias.

Ao analisar as funções das tecnologias digitais utilizadas pelos agricultores na atualidade, a pesquisa realizada aponta que um primeiro grupo (entre 40% e 65%) apresentou um uso amplo e não específico de aplicações na produção; ou seja, aplicativos voltados para a obtenção de informações gerais, gestão de propriedades, aquisição de insumos e comercialização de uma produção ou produtos específicos (Figura 3). Um segundo grupo de aplicações

(entre 20% e 40%) tem como foco o mapeamento e planejamento do uso do solo, prevendo riscos climáticos, como geadas, granizo, verão e chuvas intensas, dependendo da região brasileira; implementam processos de bem-estar animal e estimativas de produção e produtividade agrícola. Um terceiro grupo de aplicações (abaixo de 20%), principalmente relacionado a processos de maior nível de complexidade tecnológica, envolve processos de detecção e controle de déficit nutricional, doenças, pragas, plantas daninhas, falhas operacionais e déficit hídrico, além de aplicações associadas com certificação e rastreabilidade.

Figura 3. Funções atuais no uso das tecnologias digitais utilizadas pelos agricultores brasileiros nos sistemas de produção.

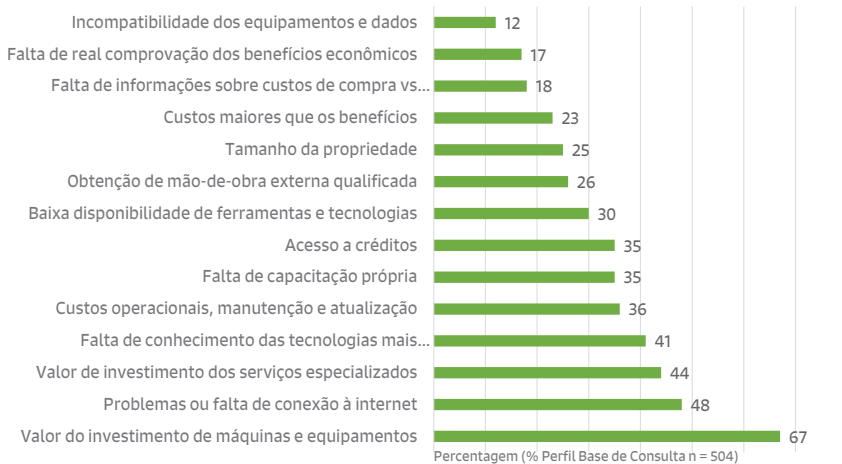


Fonte: Bolfe *et al.* (2020a).

Dentre os principais desafios associados ao uso das tecnologias digitais, os agricultores reportaram o alto valor de investimentos para aquisição de máquinas, equipamentos e aplicativos (67%), problemas ou falta de acesso à internet (48%), valor de investimentos para aquisição de serviços especializados em agricultura digital e de

precisão (44%) e falta de conhecimento sobre quais são as tecnologias mais adequadas para o perfil da propriedade rural (41%) (Figura 4).

Figura 4. Principais desafios no uso das tecnologias digitais pelos agricultores brasileiros nos sistemas de produção.



Fonte: Bolfe *et al.* (2020a).

Em relação às expectativas futuras, observou-se que os agricultores possuem elevado interesse em iniciar ou fortalecer as aplicações em diversas etapas do sistema de produção (Figura 5). No entanto, ao comparar com as aplicações atuais (Figura 3), observa-se que as aplicações com maior diferença percentual entre o uso atual e futuro estão em atividades mais complexas envolvendo a detecção no controle de deficiências nutricionais, doenças, pragas, falhas operacionais, déficit hídrico, ervas daninhas, e as aplicações nas estimativas de produção e produtividade (25% a 35%). Ressalta-se ainda que 95% do total de respondentes indicou ter interesse em receber mais informações sobre a agricultura digital e suas aplicações.

Figura 5. Expectativas de aplicações futuras das tecnologias digitais utilizadas pelos agricultores brasileiros nos sistemas de produção.



Fonte: Bolfe *et al.* (2020a).

Outro aspecto levantado na pesquisa foi a percepção dos agricultores sobre os impactos positivos obtidos em seu processo produtivo considerando o uso de tecnologias digitais agregadas em três grupos: 1) sensores remotos; 2) sensores de campo, máquinas e equipamentos, e 3) aplicativos móveis, plataformas digitais e software. Todos os impactos indicados foram acima de 50% positivos, sendo observado que essa percepção pode estar associada à amplitude de possibilidades de aplicação de tecnologias digitais em todo o processo produtivo do agricultor. Como destaques, houve a percepção de aumento da produtividade agrícola, apontada por 65% dos agricultores, seguida de percepções de comercialização facilitada e melhor planejamento do dia a dia da propriedade (63%); a redução dos custos de produção (62%) e o aumento da receita obtida (61%). O resultado indica que o potencial aumento da produtividade agrícola associado à comercialização é um fator-chave na tomada de decisão gerencial sobre as aplicações das tecnologias digitais.

Nesse sentido, os produtores têm demandado novas soluções digitais para os vários desafios aqui apresentados, em que observa-se a crescente expansão de pequenas e médias empresas (PME) e startups com atuação em agricultura tropical (DIAS *et al.*, 2019).

Ecossistema de inovação aberta

Inserida dentro de um ecossistema de inovação pujante, que envolve universidades, institutos de pesquisa públicos e privados, empresas, startups e aceleradoras, a Embrapa vem mapeando e monitorando as demandas dos produtores rurais e como pode melhor atendê-los.

Na área de agricultura digital, pode-se destacar projetos para suporte tecnológico de alto desempenho voltados para bioinformática e biotecnologia; para o avanço do conhecimento em inteligência artificial, visão computacional e *blockchain*, IoT e computação em nuvem que visam o desenvolvimento de sistemas para melhorar a eficiência dos processos produtivos; para monitoramento e detecção de fatores bióticos e abióticos; identificação e incorporação de características genéticas e biotecnológicas; gestão de risco agrícola e monitoramento de uso e cobertura da terra; e, ainda, soluções digitais em apoio a políticas públicas.

Alinhada às necessidades do campo, a Embrapa tem aprimorado sua infraestrutura computacional a fim de otimizar a gestão de dados e informação e a computação de alto desempenho, aumentando sua capacidade de processamento e armazenamento de grandes volumes de dados.

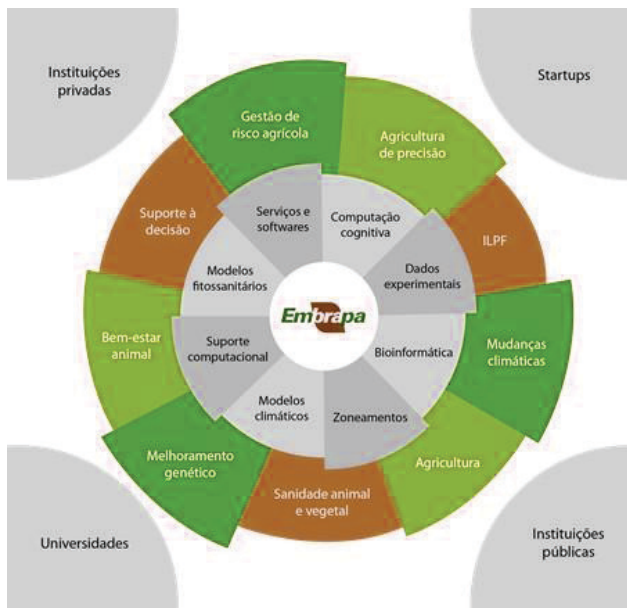
A Empresa tem se posicionado como um grande facilitador deste ecossistema (Figura 6), que atualmente contempla mais de 1.574 startups, conforme apresentado no último estudo Radar Agtech Brasil 2020/2021 (DIAS *et al.*, 2019) atuando não exclusivamente em uma área, mas distribuídas em pré-produção (200), produção (657) e pós-produção (717).

De modo a estimular a inovação e o desenvolvimento de tecnologias digitais, criou a Plataforma AgroAPI (EMBRAPA AGRICULTURA DIGITAL, 2022), que disponibiliza dados, informações, algoritmos

e modelos gerados pela Empresa, de maneira ágil e segura via API (*Application Programming Interface*), podendo ser incorporados em outras plataformas digitais, aplicativos e implementos agrícolas, fomentando a parceria público-privada e novos modelos de negócios.

Tem-se também trabalhado na proposta de um corredor para inovação aberta na agricultura visando a expansão do desenvolvimento tecnológico, o crescimento do setor agropecuário no Brasil e o fortalecimento da liderança em inovação e empreendedorismo em agricultura. No estudo elaborado pela Embrapa Agricultura Digital em parceria com o Ministério da Agricultura, numa extensão de 250 km que abrange Campinas, Piracicaba, São Carlos e Ribeirão Preto (SP), ficou evidente o potencial de um corredor tecnológico no estado de São Paulo. Ele contempla mais de mil profissionais formados na área de ciências agrárias, além das formações em engenharia e ciências exatas, 112 instituições de ensino e pesquisa, 52 ambientes de inovação, 5 centros de pesquisa da Embrapa e 168 agtechs.

Figura 6. Ecossistema de Inovação.



Fonte: Embrapa Informática Agropecuária (2018).

Neste ecossistema, a Embrapa também lançou um dos primeiros laboratórios vivos para inovação e empreendedorismo, o AgNest (<https://www.agnest-farm.cnptia.embrapa.br/>), um *farm lab* com foco em experimentação em campo, agricultura digital e sustentabilidade, que dará suporte para empresas, agtechs e foodtechs atuarem na criação, validação e demonstração de novas soluções.

O desafio de manter o Brasil como referência mundial em agricultura sustentável envolve vários atores de diferentes elos da cadeia produtiva (produtores rurais, fornecedores de insumos, processadores, distribuidores e o consumidor final) e diferentes áreas de especialidade (agronomia, biologia, economia, engenharias, computação, matemática, física e estatística).

Considerações finais e perspectivas futuras

Existem importantes desafios científicos e tecnológicos a serem superados para que a transformação digital da agricultura brasileira possa integrar as diferentes classes e regiões agrícolas. A pandemia vinculada ao Covid-19 está acelerando e moldando a digitalização de todos os elos das cadeias produtivas agrícolas. A necessidade de maior segurança dos alimentos, com as possibilidades de uso de tecnologias que reduzem o contato físico, impulsiona novas aplicações dos fornecedores de insumos aos produtores rurais. No novo normal, pós-pandemia, a conectividade digital e os serviços de conteúdo associados aos elos das cadeias deverão se expandir na medida em que crescem as preocupações com a saúde das populações e a segurança sanitária e nutricional dos alimentos (BOLFE *et al.*, 2020b). Essas e outras condições estão antecipando o futuro da digitalização da agricultura brasileira, quando a pesquisa, a inovação e os negócios deverão se amplificar rapidamente em infraestruturas e serviços como:

- Inteligência artificial e computação cognitiva para acompanhamento da produção.

- Análises multiescalares e multifontes dos riscos agrícolas.
- Monitoramento das propriedades em tempo real por sensoriamento remoto e proximal.
- Sistemas de previsão de manutenção de máquinas e equipamentos.
- Processamento de *big data* e *small data* agrícolas em nuvem.
- Plataformas de comercialização via circuitos curtos integrando os produtores aos consumidores.
- Aplicativos de ensino e trabalho a distância com segurança de procedimentos administrativos e interação social de equipes.
- Tecnologias de blockchain e criptografia digital para a segurança de transações comerciais e a rastreabilidade de produtos e alimentos.
- Segurança e privacidade de dados e informações geradas em todos os processos digitais.
- Sistemas de informação sobre a origem, qualidade, métodos de produção, impactos ambientais e sociais da produção agrícola para o novo mercado consumidor.

O aumento do impacto de sistemas digitais integrados passa por alguns grandes desafios, destacando:

- Integrar de forma apropriada os dados advindos de diferentes fontes como: dados climáticos, biológicos, provenientes das ciências ômicas, de sensores no sistema solo-planta-animal-atmosfera, satélites, câmeras, máquinas e equipamentos agrícolas, mercado, gestão, logística e distribuição entre outros.
- Criar mecanismos para visualização dos dados heterogêneos através de uma interface amigável aos usuários, considerando suas características e diferenças no tipo e no nível de informação que cada usuário espera receber.
- Diminuir o custo de aquisição de máquinas, equipamentos e aplicações.

- Melhorar a conectividade na zona rural.
- Prover valores competitivos para contratação de serviços digitais no campo.
- Diminuir os custos operacionais para a implantação e uso das novas tecnologias.
- Aumentar a oferta de mão de obra qualificada no campo.
- Fomentar os ecossistemas de inovação em agricultura digital para integrar múltiplos atores da cadeia de negócios.
- Promover o empreendedorismo para que cada vez mais empresas e startups possam oferecer serviços digitais de qualidade em todo o território nacional.
- Fomentar políticas de incentivo à implantação da agricultura digital.

As tecnologias emergentes poderão causar grandes mudanças, que ainda não podem ser previstas, como a computação quântica, que pode acelerar o cálculo em sistemas que envolvam cálculos massivos, tais como simulação de cenários sobre impactos climáticos em diferentes áreas, volatilidade de preços e flutuações no mercado (PRESKILL, 2018; WOERNER; EGGER, 2019), e a robótica de enxame, em que um grande número de robôs age de forma integrada para a coleta de dados (BAYINDIR, 2016). Essas e outras tecnologias são capazes de alterar significativamente o cenário atual, abrindo novas possibilidades visando ao aumento da produtividade e à sustentabilidade da agricultura.

Referências Bibliográficas

ALVES, E.; SOUZA, G.; MELLO, P.; MARRA, R. Imperfeições de mercado e pobreza rural. *Revista de Política Agrícola, Local de publicação (editar no plugin de tradução o arquivo da citação ABNT)*, 28, mai. 2020. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1528>. Acesso em: 12 jan. 2022.

BAYINDIR, L. A review of swarm robotics tasks. *Neurocomputing*, v. 172, pp. 292–321, jan. 2016. Disponível em: DOI: 10.1016/j.neucom.2015.05.116.

BOLFE, É.; BARBEDO, J.; MASSRUHÁ, S.; SOUZA, K. de; ASSAD, E. Desafios, tendências e oportunidades em agricultura digital no Brasil. In: MASSRUHÁ, S.; LEITE, M.; OLIVEIRA, S. de M.; MEIRA, C.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BOLFE, E. (Ed.). *Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas*. Brasília, DF: Embrapa, 2020b. cap. 16, p. 380-406. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1126283/1/LV-Agricultura-digital-2020-cap16.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2021.

BOLFE, É.; JORGE, L.; SANCHES, I.; LUCHIARI JÚNIOR, A.; DA COSTA, C.; VICTORIA, D.; INAMASU, R.; GREGO, C.; FERREIRA, V.; RAMIREZ, A. Precision and Digital Agriculture: Adoption of Technologies and Perception of Brazilian Farmers. *Agriculture*, 2020a, 10, 653. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture10120653>

DIAS, C. N.; JARDIM, F.; SAKUDA, L. O. (coord.). *Radar Agtech Brasil 2019: mapeamento das startups do setor agro brasileiro*. Brasília, DF: Embrapa; São Paulo: VP Ventures: Homo Ludens, 2019. 80 p. Equipe técnica: Embrapa Informática Agropecuária: Martha Delfino Bambini. SP Ventures: Murilo Gonçalves. Homo Ludens Research and Consulting: Elias Eduardo Bernardo da Silva, Camila Martins Godinho, Eliane de Oliveira.

EMBRAPA. AGRICULTURA DIGITAL. AgroAPI. Campinas. 2022. Disponível em: <https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/>. Acesso em: 24 mai. 2022.

EMBRAPA. INFORMÁTICA AGROPECUÁRIA. Relatório de gestão 2015-2018: pesquisa e inovação em tecnologia da informação e comunicação para a agricultura. Campinas, 2018. 67 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198785/1/relatoriodegestao-trienio-2015-2018.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2022.

EMBRAPA. Visão 2030: O Futuro da Agricultura Brasileira, 2018. 312p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/o-futuro-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 17 fev. 2022.

EMBRAPA. VII Plano Diretor da Embrapa 2020-2030. Brasília-DF, 2020. 31p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217274/1/VII-PDE-2020.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2022.

KRUK, S. R. L.; KLOPPENBURG, S.; HILDE M. T.; BUSH, S. R. Digitalizing environmental governance for smallholder participation in food systems, Earth

System Governance, Volume 10,2021,100125, ISSN 2589-8116. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.esg.2021.100125>.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. PROJEÇÕES DO AGRONEGÓCIO — Projeções de longo prazo Brasil 2020-21 a 2030-31. Secretaria de Política Agrícola. Brasília: 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-crescera-27-nos-proximos-dez-anos-chegando-333-milhoes-de-toneladas/NotadasProjeesdoAgronegocio20202021a20302031.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2022.

MANYIKA, J.; CHUI, M.; BISSON, P.; WOETZEL, J.; DOBBS, R.; BUGHIN, J.; AHARON, D. Unlocking the potential of the Internet of Things. McKinsey Global Institute. 2015. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>. Acesso em: 30 mai. 2022.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; EVANGELISTA, S. R. M. A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente. In: MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; OLIVEIRA, S. R. de M.; MEIRA, C. A. A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BOLFE, E. L. (Ed.). Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 1, pp. 20–45. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1126214/1/LV-Agricultura-digital-2020-cap1.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2020.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; MENDES, C. I. Agricultura digital: tendências, oportunidades e desafios. In: GIACOBBO, D. G.; FROTA, L. M. (Ed.). AGRO: O Papel do Agronegócio Brasileiro nas Novas Relações Econômicas Mundiais. Porto Alegre, RS: Synergia:2021. 364p. cap. 6, 20p.

MICHELS, M.; BONKE, V.; MUSSHOF, O. Understanding the adoption of smartphone apps in crop protection. Precision Agriculture, v. 21, n. 6, pp. 1209–1226, Dec. 2020. Disponível em: DOI: 10.1007/s11119-020-09715-5.

PACTO GLOBAL; Stilingue. A evolução do ESG no Brasil, abril 2021. Disponível em: <https://conteudos.stilingue.com.br/estudo-a-evolucao-do-esg-no-brasil>. Acesso em: 17 fev. 2022.

PRESKILL, J. Quantum computing in the NISQ era and beyond. Quantum, v. 2, pp. 1–20, Aug. 2018. Disponível em: DOI: 10.22331/q-2018-08-06-79.

PRODUTO 7C: aprofundamento de verticais — rural. Brasília, DF: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social; Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão; Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e

Comunicações, dez. 2017. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/2fa8f7d1-9939-441d-b8ce-ed3459fcfd4d/relatorio-aprofundamento-das-verticais-rural-produto-7C.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m3rPopG>. Acesso em: 30 mai. 2022.

ROSE, D. C.; CHILVERS, J. Agriculture 4.0: broadening responsible innovation in an era of smart farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 2, pp. 1–7, Dec. 2018. Disponível em: DOI: 10.3389/fsufs.2018.00087.

SCHWAB, K. *The Fourth Industrial Revolution*. (2018). [Online]. Disponível em: <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab> [12 February 2018].

STEPHENSON, N. *Snow Crash* (1993 paperback ed.). New York: Bantam Books. 1992. p. 440.

ZHAI, Z.; MARTÍNEZ, J. F.; BELTRAN, V.; MARTINEZ, N. L. Decision support systems for agriculture 4.0: survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 170, pp. 1–16, Mar. 2020. DOI: [10.1016/j.compag.2020.105256](https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105256).

WOERNER, S; EGGER, D. J. Quantum risk analysis. *NPJ Quantum Information*, v. 5, pp. 1–8, Feb. 2019. Disponível em: DOI: 10.1038/s41534-019-0130-6.

4) Desafios da conectividade e energia para o Agro 4.0

O Capítulo 4 foi dividido em dois artigos, que tratarão do panorama e enquadramentos do consumidor de energia elétrica no ambiente agropecuário e a conjuntura rural brasileira, considerando a conectividade, capacidade e conteúdo como condicionantes da competitividade.

4.1) Panorama e possíveis enquadramentos do consumidor de energia elétrica no ambiente agropecuário

Milana Lima dos Santos

Introdução

O uso intensivo de tecnologias de automação e telecomunicações no ramo agrícola traz consigo a necessidade de esclarecimentos sobre o fornecimento de energia elétrica, em especial a consumidores que desenvolvem atividade agropecuária. Este capítulo visa descrever, de forma introdutória, os agentes que compõem o sistema elétrico brasileiro.

O Brasil, por sua grande dimensão territorial, que abarca regiões com diferentes paisagens, concentrações populacionais e níveis de desenvolvimento econômico, apresenta, em seu sistema elétrico, uma divisão clara entre processos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

Geração de energia elétrica é o processo de conversão de outras naturezas de energia (hidráulica, eólica, térmica, solar, entre outras) em energia elétrica. No ano de 2021, 78,1% da matriz elétrica brasileira se constituiu de fontes renováveis (hidráulica, eólica, solar e biomassa), e no ano anterior, este percentual foi de 83,8% (EPE, 2022). As usinas hidrelétricas, responsáveis por mais da metade da energia elétrica

gerada, localizam-se distantes dos grandes centros de consumo, o que exige a construção de linhas de transmissão em alta tensão (igual ou superior a 230 kV), que percorrem centenas ou milhares de quilômetros, estabelecendo uma rede conhecida com Sistema Interligado Nacional (SIN). Por sua parte, os agentes de distribuição são responsáveis pela “última milha” da conexão, entregando a energia ao consumidor final, em níveis de tensão consideravelmente menores (tipicamente iguais ou inferiores a 13,8 kV).

Nas últimas décadas, o setor elétrico brasileiro passou por mudanças significativas, entre elas a desverticalização (separação contábil dos negócios de geração, transmissão e distribuição que eventualmente fossem operados pela mesma empresa), a privatização de empresas, e a criação de instituições de direito público e privado como a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) (TOLMASQUIM, 2015). Buscou-se, com isso, a participação de agentes privados na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Considerou-se que a geração de energia elétrica, anteriormente operada e mantida por empresas predominantemente estatais, deveria ser exposta à concorrência, abrindo a possibilidade de diferentes ofertas de preço aos consumidores, bem como o surgimento de empresas dedicadas à comercialização de energia.

Contudo, o produto energia elétrica, sendo gerado a uma grande distância da maioria dos consumidores, precisa ser transportado pelas redes de transmissão e distribuição que, segundo (TOLMASQUIM, 2015) e (HUNT, 2002), são monopólios naturais, o que significa que não é vantajoso incentivar a concorrência entre diferentes redes de transmissão e distribuição; é melhor ter um único agente de transporte de energia para um determinado corredor, sendo remunerado pelo serviço prestado. Para garantir o acesso de todos os agentes de geração à rede de transmissão e distribuição, além da modicidade do custo final para o consumidor, a exploração comercial de cada trecho de rede de

transmissão é concedida pela União por tempo determinado, ao agente que se comprometa a receber a menor remuneração pela operação das linhas, o que é classificado um leilão reverso (FRACASSO, 2019). A necessidade sistêmica de um novo trecho de linha e seus equipamentos associados (disjuntores, seccionadoras, reatores, capacitores), ou de ampliação em subestações é atestada por estudos realizados pela Empresa de Pesquisa Energética. Por sua vez, a Agência Nacional de Energia Elétrica realiza o leilão reverso entre os agentes habilitados para o certame. Após a construção e entrada da linha em operação comercial, o agente de transmissão receberá a sua remuneração, a Receita Anual Permitida (RAP), arrecadada a partir do valor da Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (TUST) cobrada dos agentes de geração, transmissão, distribuição, comercialização e de um grupo específico de consumidores (livres e potencialmente livres) (JESUS, 2012), (EPOWERBAY, 2019). Desta forma, diversos agentes econômicos são detentores da concessão de diferentes trechos de linha, havendo necessidade de compartilhar uma mesma subestação de transmissão.

O serviço de distribuição de energia elétrica, diferentemente do serviço de transmissão, é concedido, também por tempo determinado, porém com base em uma determinada área geográfica de concessão, devendo, de forma obrigatória, atender aos consumidores, com base em regras de prestação de serviço estabelecidas pela ANEEL (ANEEL, 2021). Alguns estados brasileiros coincidem com a área de concessão de distribuidoras, como o caso de Alagoas (ANEEL, 2019) e Goiás (ANEEL, 2000). Outros estados abrigam mais de uma área de concessão, como o caso de São Paulo, onde há a atuação de sete concessionárias de distribuição (ARSESP, 2022).

Consumidor livre ou cativo

O consumidor pode participar, para a compra de energia de dois ambientes de contratação (AC): o regulado (ACR) e o livre (ACL).

No primeiro ambiente, do qual participam consumidores chamados de “cativos”, com demanda inferior a 1000 kW (limite vigente em agosto/2022, com tendência de ser reduzido ou eliminado nos próximos anos), são aplicáveis tarifas de energia estabelecidas pela ANEEL para cada concessionária de distribuição e que são revisadas e reajustadas em intervalos estabelecidos. O cliente se compromete com um contrato padronizado com a distribuidora e efetua pagamentos mensais, o que se conhece como a “conta de energia elétrica”. No segundo ambiente, os consumidores acima de 1000 kW podem firmar contratos de compra de energia com geradoras ou comercializadoras de energia de sua livre escolha, dentro ou fora da sua área de concessão. Esses contratos são registrados, contabilizados e liquidados na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Dentro do período de apuração mensal, a diferença entre o montante de energia contratado e o efetivamente consumido/ fornecido é calculado para cada agente (gerador ou consumidor), e liquidado a um preço do mercado de curto prazo (Preço de Liquidação das Diferenças — PLD), que é calculado diariamente para cada hora do mês seguinte. Quem consumiu mais que o contratado deve pagar a diferença de energia ao preço PLD; quem consumiu menos pode vender a diferença ao mesmo preço. O PLD varia de acordo com a oferta de geração no período e com a estimativa de consumo no sistema: mais alto em períodos de escassez hídrica e em horas de maior consumo. Além do custo da energia, os consumidores do mercado livre devem pagar alguns encargos, como Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão e Distribuição (TUST e TUSD), e Encargos de Serviços de Sistema (ESS), necessários para custear o transporte da energia e a operação confiável do sistema.

A participação no mercado livre pode ser bastante interessante se os contratos de energia forem negociados de forma vantajosa, preservando os consumidores de aumentos inesperados nas tarifas do ambiente regulado. Por outro lado, o gerenciamento dos contratos e o

atendimento aos procedimentos de comercialização da CCEE exigem dedicação e conhecimento técnico da parte do consumidor livre. Uma opção intermediária é a contratação de uma comercializadora varejista, que representa um consumidor que atenda aos requisitos para operar no mercado livre, mas não deseja participar dos trâmites da CCEE (ABRACEEL, 2021).

Para os consumidores com menor demanda, ou que não desejam estar no mercado livre de energia, o ambiente de contratação regulado oferece um sistema tarifário no qual os consumidores são categorizados em (ANEEL, 2021):

Classes, de acordo com o uso final da energia:

- I - residencial;
- II - industrial;
- III - comércio, serviços e outras atividades;
- IV - rural;
- V - poder público;
- VI - iluminação pública;
- VII - serviço público; e
- VIII - consumo próprio.

Grupos, de acordo com as tensões de alimentação:

- Grupos A1, A2, A3, A3a, A4: com tensões de alimentação maiores ou iguais a 230 kV, 88 kV, 69 kV, 30 kV e 2,3 kV, respectivamente.
- Grupo AS: alimentado por tensão menor que 2,3 kV por sistema subterrâneo.
- Grupo B: alimentado por tensão menor que 2,3 kV por rede aérea.

Vale ressaltar que a classe de consumo rural abarca as subclasses agropecuária rural, agropecuária urbana, residencial rural, cooperativa de eletrificação, agroindustrial, irrigação, escola

agrotécnica e aquicultura. Para o caso de consumidores do grupo B, ou seja, de baixa tensão, há uma divisão em subgrupos residencial, rural, demais classes e iluminação pública.

A fatura de energia no ambiente regulado é composta da tarifa de energia (TE) e da TUSD, que são aplicadas à energia consumida em horários de ponta e fora-de-ponta definidos pela concessionária em função da demanda de energia do seu sistema de distribuição. Três modalidades tarifárias podem ser aplicadas aos consumidores cativos:

- Convencional ou monômnia: as tarifas de energia e de uso do sistema de distribuição são aplicadas ao montante total de energia consumido durante o mês.
- Tarifa verde: existem tarifas distintas para períodos de ponta e fora-de-ponta, tanto para energia como para uso do sistema de distribuição, além de uma tarifa de demanda em R\$/kW aplicada à máxima potência consumida ao longo do mês ou à potência contratada, o que for maior.
- Tarifa azul: semelhante à tarifa verde, mas com tarifas distintas de demanda aplicadas aos períodos de ponta e fora-de-ponta ao longo do mês.

As três modalidades de tarifa estão sujeitas a valor adicional em decorrência de aplicação de bandeira tarifária amarela ou vermelha (MME, 2022).

Caso a potência máxima ultrapasse em mais de 5% o valor da potência contratada, é aplicada uma tarifa majorada, buscando penalizar o consumidor que, aumentando de forma inesperada o seu consumo, ainda que por apenas uma hora, um curto intervalo de tempo, compromete a adequada operação da rede de distribuição e o atendimento aos demais consumidores.

A Resolução 1000/2021 da ANEEL, porém, trata de forma diferenciada os consumidores da classe rural ou reconhecidos como

sazonais (por exemplo, que utilizem, para sua atividade econômica, “matéria-prima diretamente da agricultura, pecuária, pesca ou para fins de extração de sal ou de calcário destinado à agricultura”.

Considerações finais

O empreendedor rural, ou mesmo o que desenvolva atividade agropecuária em área urbana, deve considerar o fornecimento do serviço de energia elétrica como um insumo estratégico, a ser considerado em termos de preços, possibilidades de alteração de contrato, estabelecimento de parcerias, e eventualmente participação no processo de minigeração e microgeração. As recentes discussões a respeito de maior participação de menores consumidores no mercado livre de energia, diretamente ou por meio de um comercializador varejista, trazem oportunidade de participação de atores do agronegócio na evolução do setor energético brasileiro.

Referências Bibliográficas

ABRACEEL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS COMERCIALIZADORES DE ENERGIA. Quem é o comercializador varejista? Disponível em: <https://abraceel.com.br/blog/2021/11/quem-e-o-comercializador-varejista/>. Acesso em: 26 ago. 2022.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Contrato de concessão N° 63/2000. Disponível em: <https://antigo.aneel.gov.br/documents/10184//15063073//Contrato+de+Concess%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2022.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Contrato de concessão de serviço público de distribuição de energia elétrica N° 02/2019 Disponível em: <https://antigo.aneel.gov.br/documents/10184//15063013//Contrato+de+Concess%C3%A3o+002-2019>. Acesso em: 26 ago. 2022.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa 1000, de 7 de dezembro de 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-1.000-de-7-de-dezembro-de-2021-368359651>. Acesso em: 24 ago. 2022.

ARSESP. AGÊNCIA REGULADORA E SERVIÇOS PÚBLICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Quem somos. Disponível em: <http://www.arsesp.sp.gov.br/SitePages/energia-eletrica/informacoes-tecnicas.aspx>. Acesso em: 26 ago. 2022.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (CCEE). Procedimentos de Comercialização; Módulo 3 — Contratação de Energia; Submódulo 3.1 — Contratos do Ambiente Livre. Disponível em: https://www.ccee.org.br/documents/80415/919498/3.1_-_Contratos_ACL_v5.0.pdf/f2c5891d-3a70-5625-9361-e980ccb5146c. Acesso em: 26 ago. 2022.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional; Relatório Síntese 2022; Ano base 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf. Acesso em: 25 ago. 2022.

EPOWERBAY. Tarifas de Transmissão (TUST) — Novos Recursos de Análise. 7 de fevereiro de 2019. Disponível em: <https://www.epowerbay.com/single-post/2019/02/07/tarifas-de-transmissao-novidade-no-epowerbay>. Acesso em: 26 ago. 2022.

FRACASSO, B. Leilões de transmissão de energia elétrica: determinantes dos deságios nos leilões de 2011 a 2018. Monografia de Conclusão de Curso. Escola Nacional de Administração Pública (Enap); Instituto Serzedello Corrêa (ISC), 2019. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/4103>. Acesso em: 25 ago. 2022.

HUNT, S. Making competition work in electricity. New York: J. Wiley, 2002. 450 p.

JESUS, V. Estrutura tarifária do uso do sistema de distribuição e transmissão. O Setor Elétrico, 2012. Disponível em: https://www.osestoreletrico.com.br/wp-content/uploads/documentos/fasciculos/Ed77_fasc_distribuicao_cap5.pdf. Acesso em: 26 ago. 2022.

MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional; Relatório Síntese 2022; Ano base 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf. Acesso em: 25 ago. 2022.

TOLMASQUIM, M. T. Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro. 2. ed. Brasília: Synergia, 2015. 342 p.

4.2) Conjuntura rural brasileira e Agro 4.0: conectividade, capacidade e conteúdo como condicionantes da competitividade

Rodrigo Fernando Maule, Alberto Giaroli de Oliveira Pereira Barretto, Sergio Paganini Martins, Durval Dourado Neto

Introdução

A história do Brasil sempre foi marcada pela relevância do setor agropecuário, mas a partir da abertura comercial dos anos 1990 e, principalmente, no início dos anos 2000, o setor experimentou uma expansão sem precedentes, marcada pelo aumento de produtividade, acesso a tecnologias, insumos importados e consolidação de empresas transnacionais na comercialização da produção. Em grande medida, a viabilidade da expansão decorreu do encontro entre uma demanda global por produtos agropecuários crescente com um setor nacional relativamente bem estruturado, após acúmulo de trinta anos de investimento público, em um território com farta disponibilidade de terras de boa aptidão agrícola para o cultivo de grandes *commodities*.

O setor agroalimentar passa atualmente por uma transição marcada pela conversão de um mundo analógico em digital e não se sabe quais serão os impactos de médio e longo prazo. Provavelmente, o setor agropecuário terá funcionamento semelhante aos setores industrial e de serviços, com tendência de concentração nas cadeias de geração de valor e desenvolvimento tecnológico, acirramento das

desigualdades e viabilização pela economia de escala. Porém, mesmo com as semelhanças entre o setor agroalimentar e os outros setores da economia, há particularidades que têm influência direta na forma de se traçar estratégias de desenvolvimento.

Um primeiro ponto que vale destacar é o fato dos modelos de produção agropecuária baseados na utilização de insumos industriais (agroquímicos e máquinas), serviços especializados e alta tecnologia, enfrentarem o dilema de terem que pagar, com produtos primários baratos, os gastos com bens de alto valor agregado. Esse tipo de modelo é hoje o mais disseminado nas principais cadeias agroalimentares e depende, para sua viabilização, de fortes subsídios ou então de uma operação com altíssima eficiência e produtividade. Com isso a pequena escala de produção vem enfrentando dificuldade de viabilização econômica. Outro ponto relevante é o fato de o setor agroalimentar ser estratégico por estar ligado ao suprimento de alimentos e energia. A inserção desse setor em modelos de negócio altamente competitivos, dependente de fluxos globais de insumos que operam com folga muito estreita para viabilização econômica e maximização de lucro, traz consigo uma redução na resiliência a crises de ordem sanitária ou choques econômicos de oferta e demanda. Um setor estratégico e não resiliente é um risco, não apenas para os países produtores, mas também para a economia global. Nesse sentido, o setor agroalimentar é comparável aos setores da saúde, defesa e transporte e, portanto, deve receber esforço equivalente na formulação de políticas estratégicas. O terceiro elemento diferencial da agropecuária está ligado à escala de abrangência, ou seja, o setor ocupa grandes extensões de terra e isso traz implicações tanto para as questões ambientais (água, carbono e biodiversidade), como para as sociais (acesso à terra, renda e pobreza). A coincidência espacial entre as agendas econômicas (produção), sociais e ambientais é talvez o maior desafio para a formulação teórica e implantação de soluções práticas na geografia contemporânea. Para muitas das questões não há resposta pronta, algo que funciona em um

lugar pode não funcionar em outro e o equilíbrio entre as múltiplas dimensões é dificilmente alcançado.

É inevitável que o campo para ser cultivado acolherá cada vez mais ciência e mais técnica. É uma modificação extraordinária na realidade e, por conseguinte, no entendimento do que o rural representa. Nesse sentido, a conectividade rural e a digitalização do campo passam a ser os elementos centrais na nova configuração, não apenas de como os alimentos e energia serão produzidos pela agropecuária, mas também na própria definição e entendimento do mundo rural.

Processo de digitalização do campo

A digitalização do campo, também tratada como agricultura digital, vem avançando de forma vertiginosa no Brasil, como resposta às transformações que estão ocorrendo em todos os setores da sociedade, resultando no maior uso das tecnologias da informação e da comunicação (TIC), inclusive em tudo que se relaciona com a agropecuária. Obviamente, essa é uma dinâmica esperada, dado o destaque da agricultura brasileira no cenário nacional e internacional, sendo o agronegócio um dos pilares da nossa economia e, por desempenhar papel estratégico na questão da segurança alimentar mundial, como um dos maiores produtores e exportadores de alimentos, graças às tecnologias desenvolvidas no contexto da agricultura tropical (EMBRAPA, 2020).

Este cenário de destaque da agricultura brasileira associado à evidente possibilidade de aumento da produção, seja pela intensificação no uso das áreas já exploradas¹ ou pela mudança de uso da terra², tem amplificado os olhares institucionais (governo,

1. Essa intensificação pode se dar com técnicas de irrigação, de manejo da cultura etc. e mesmo digitalização.

2. Cabe destacar que não é preciso desmatar novas áreas, apenas a troca de tipo de cultura ou atividade realizada.

empresas, ONGs etc.) para o contexto do rural. Muitas empresas relacionadas à TIC, que não atuavam diretamente ou tinham iniciativas modestas para o setor do agronegócio, estão buscando oportunidades para assumir relevância no setor. Ademais, as empresas com atuação marcante no agro estão buscando novas formas de ampliar sua participação, seja pela melhoria dos serviços ou produtos que ofertam, ou pela introdução de novos. Nesse contexto, as questões relacionadas às TIC ganham relevância, sendo trabalhadas por todas elas no sentido de acelerar a digitalização do campo.

Ecosistema de inovação no agro

Um fator que contribui para o avanço da digitalização no agro é a existência de um pulsante ecossistema de inovação voltado para o setor. Para fortalecer o processo de interação e articulação, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) criou o Agro Hub Brasil como espaço virtual para congregar as informações sobre esse ecossistema e as principais iniciativas de inovação em curso. Estão registrados 54 ambientes de inovação específicos do agro: parques tecnológicos (9), incubadoras (10), aceleradoras (12), hubs (20) *smart farms* (3), entretanto, esses números não contemplam todas as iniciativas de ambientes de inovação que são diretas ou indiretamente ligados ao agronegócio e as cadeias de valor que ele abarca.

O MAPA tem ações de apoio e fortalecimento dos Ecossistemas Regionais de Inovação Agropecuária no Brasil em 10 locais: Rede de Inovação do Cerrado Mineiro (MG), Corredor Agrotecnológico de São Paulo (SP), Agronordeste Digital (região nordeste), Norte Mais Sustentável e Digital (região norte), Ecossistema de Inovação Agropecuária de Mato Grosso do Sul (MS), Ecossistema de Inovação Agropecuária de Santa Catarina (SC), Ecossistema de Inovação do Sudoeste Goiano (GO), Ecossistema de Inovação do Estado do Paraná (PR).

Outro movimento foi de integração e direcionamento de esforços, com a criação da Câmara do Agro 4.0, formalizada em agosto de 2019, mediante Acordo de Cooperação Técnica (ACT) entre o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC)³ e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), além da iniciativa privada, universidades e institutos de ciência e tecnologia. O objetivo é potencializar a expansão da *internet* e disponibilizar tecnologias e serviços inovadores no meio rural.

Institucionalidade e iniciativas que afetam a digitalização do campo

Em relação ao poder público, algumas iniciativas influenciaram o processo de digitalização do campo. A primeira delas foi a criação do Programa Nacional de Banda Larga (PNBL)⁴, em 2010, que representou um marco para o Brasil e foi especialmente relevante para o meio rural, ao atribuir a órgãos governamentais o planejamento da disponibilidade, regulação e acesso à banda larga no território nacional, o que até então era feito pelo setor privado. Com o PNBL, a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) assumiu a função de agente regulador e a Telebrás a de implantação da infraestrutura de telecomunicações. No âmbito do PNBL, estava contemplado o lançamento do Satélite Geostacionário de Defesa e Comunicações (SGDC).

Encerrado o PNBL, em 11 de maio de 2016⁵ foi criado o “Programa Brasil Inteligente” com a finalidade de universalizar o acesso à *internet* no país, mediante à expansão das redes de transporte em fibra óptica, o aumento da abrangência dessas redes nas áreas urbanas e a ampliação da cobertura das áreas rurais com banda larga móvel.

3. Posteriormente esse ministério deu origem ao Ministério das Comunicações (MCOM) e Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI).

4. Decreto nº 7.175/2010.

5. Decreto nº 8.776/2016.

O Programa foi revogado pelo Decreto nº 9.612, de 17 de dezembro de 2018. Durante sua vigência houve o lançamento do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC), em maio de 2017, capaz de fornecer conexão de internet banda larga de alta velocidade para todo o território brasileiro.

Em 2018 foi lançado o programa “Internet para Todos” como uma ampliação do programa Governo Eletrônico — Serviço de Atendimento ao Cidadão (Gesac)⁶, o qual permanece válido até hoje.

A maior transformação é esperada com a efetivação da nova LGT⁷: sancionada em 2019, que altera a LGT de 1997 para permitir a adaptação da modalidade de outorga de serviço de telecomunicações, passando de concessão para autorização, o que simplifica bastante o processo de participação dos agentes privados na prestação de serviços de telecomunicação e amplia a possibilidade de incorporação de mais atores. O Decreto nº 10.402/2020 regulamenta esta lei que possibilitará reverter os saldos de recursos do processo de concessão em melhorias para o sistema de telecomunicações.

Recentemente (novembro/2021) ocorreu o leilão para a concessão de operação nas faixas de frequência do 5G, que contempla contrapartida de investimento das quantias em infraestrutura para a expansão do 5G, com cumprimento de determinadas metas e exigências. Entre as obrigações que as empresas terão que cumprir está o atendimento de todas as 5.570 sedes municipais brasileiras com 5G até 2030, a garantia de implantar *backhaul* de fibra óptica em 530 sedes municipais até o fim de 2026, atender 2.349 trechos de rodovia com 4G até 2029 (totalizando 35.784 Km), atendimento com 4G ou tecnologia superior em 625 localidades (Faixa de 700 MHz) até 2025, atender com 4G ou tecnologia superior em 6.805 localidades (Faixa de 2,3 GHz) até 2028 e a garantia de *internet* móvel de qualidade

6. Criado pela Portaria — MC 256/2002 e normatizado pela Portaria MCTIC 7.154/2017.

7. Lei nº 13.879/2019.

nas escolas públicas de educação básica (Investir R\$ 3,1 bilhões para conectividade das escolas públicas).

Em 2019, o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) encomendou um estudo que visava, entre outros objetivos, espacializar a disponibilidade e a qualidade da conectividade no meio rural brasileiro (IICA/MAPA/FEALQ, 2019⁸), que foi publicado em 2021 (CENARIOS, 2021). O foco foi dado para a cobertura por *internet* móvel, em banda larga, uma vez que o interesse foi o atendimento de áreas rurais. O estudo fez a análise geoespacial da disponibilidade de sinal de telefonia móvel, identificando pontos fracos da conectividade, possibilitando que o MAPA dispusesse de material técnico para subsidiar a proposição de políticas públicas de inovação tecnológica e de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), de forma que essas estivessem amparadas em condições reais de exequibilidade, para possibilitar que as ações que levam suporte técnico aos produtores para a melhoria de seus sistemas produtivos ampliem o seu alcance.

Para tanto, o estudo executado pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz — ESALQ/USP desenvolveu uma modelagem espacial inovadora, complexa e de alta demanda computacional, possibilitando identificar o grau de conectividade disponível nas áreas rurais, associado ao uso da terra e a as demandas dos agricultores por conexão.

Mudanças tecnológicas da Agricultura 4.0 e a caracterização atual do rural brasileiro

A Agro 4.0 se insere na chamada Internet das Coisas (IoT) com máquinas, veículos, equipamentos, *smartphones*, computadores,

8. Análise da conectividade no meio rural: acesso à informação, ATER e fixação do jovem no campo. PCT IICA/BRA/02/2015 — “Projeto de Cooperação Técnica Internacional para a Regionalização das Políticas de Desenvolvimento do Agronegócio e do Cooperativismo Brasileiros”, celebrado entre IICA/MAPA e Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ). Finalizado em 2020.

armazéns, residências e outras estruturas físicas se conectando à *internet* para informar sua situação, receber instruções e agir conforme as informações recebidas, o que vem causando uma verdadeira revolução na interação do ser humano com o mundo físico.

Caminho inevitável da agricultura, a Agro 4.0 prenuncia grandes mudanças de paradigmas na produção agrícola, introduzindo o elemento previsibilidade numa atividade que, diferentemente da indústria, sempre foi sujeita a intempéries climáticas e outros revezes como pragas e doenças, colocando-a historicamente em posição de desvantagem em relação a outras atividades econômicas no que diz respeito à alocação de fatores produtivos, formação de preços de produtos e capital, dentre outros.

Na Agro 4.0, tecnologias como redes de sensores, comunicação máquina para máquina (M2M), conectividade entre dispositivos móveis, computação em nuvem, métodos e soluções analíticas para processar grandes volumes de dados (*big data*) e construção de sistemas de suporte à tomada de decisões em manejo das culturas, são empregadas com o objetivo de aumentar a eficiência do uso de insumos e pesticidas, reduzir custos com mão de obra e penosidade do trabalho, melhorar a segurança dos trabalhadores rurais, diminuir os impactos ambientais e elevar os índices de produtividade (MASSRUHÁ; LEITE, 2017), além de garantir maior qualidade no alimento que chega à mesa do consumidor.

Para se ter dimensão desse impacto, citando apenas uma das tecnologias disponíveis, um estudo apontou que o uso de aplicativos de IoT na atividade rural vai interferir positivamente em quatro eixos principais: (i) produtividade e eficiência; (ii) gestão de equipamentos; (iii) gestão de ativos/ animais; e (iv) produtividade humana (BNDES, 2020).

Na era da Agro 4.0, a TIC é a mola propulsora e integradora da inovação dentro e fora da cadeia produtiva, sendo utilizada em atividades diversas, desde o melhoramento genético e a bioinformática, até a agricultura de precisão e o funcionamento de equipamentos, nas melhorias na logística e transporte etc. Entretanto, a agricultura digital

não é resultado só do uso das TIC, mas das convergências tecnológicas entre a biotecnologia, nanotecnologia, tecnologia da informação e da ciência cognitiva, e entre as geotecnologias, agricultura de precisão e IoT. Envolve conhecimentos multidisciplinares dos mais diversos especialistas, como meteorologistas, cientistas da computação, matemáticos, estatísticos, biólogos e outros profissionais, além dos tradicionais agrônomos.

A visão de que essa mudança de paradigma na produção agrícola representa uma enorme oportunidade de negócios é compartilhada com grande entusiasmo pelas empresas de inovação tecnológica, especialmente entre grandes produtores rurais, principalmente voltados à produção de *commodities*, cujo o ganho em escala justifica, de forma mais evidente, a automação dos processos de produção, sendo um público mais ávido pela introdução de soluções tecnológicas desta natureza e pouco resistente a mudanças.

No entanto, é preciso destacar que a agropecuária brasileira é repleta de contrastes e a divisão em agricultura familiar, médios e grandes produtores, não mais explica todas as suas dinâmicas (territoriais, de renda, de cadeias produtivas etc.). Os dados do censo agropecuário revelam que entre 2006 e 2017 houve aumento significativo na classe de pequenos estabelecimentos com baixa produção agropecuária⁹ e, principalmente, um acirramento das desigualdades no campo, com parte dos produtores altamente tecnificados (não necessariamente grandes) se distanciando, do

9. Bianchini & Bazotti (2020) reforçam que o fato de o IBGE ter adotado os critérios do Decreto nº 9064/2017 que diz que o estabelecimento familiar precisa ter, no mínimo, metade da renda familiar de atividades econômicas do seu estabelecimento contribuiu para o desenquadramento como AF de moradores rurais pobres que vendem sua força de trabalho ou dependem de pensões e aposentadorias, mantendo apenas uma produção de subsistência. Entretanto, mais uma vez entende-se que as alterações metodológicas do IBGE refletem dinâmicas fundamentais no rural brasileiro e deve-se para o bem da construção de políticas públicas distinguir os Agricultores Familiares de uma classe crescente de moradores pobres do rural brasileiro que não dependem mais da produção agropecuária para viver.

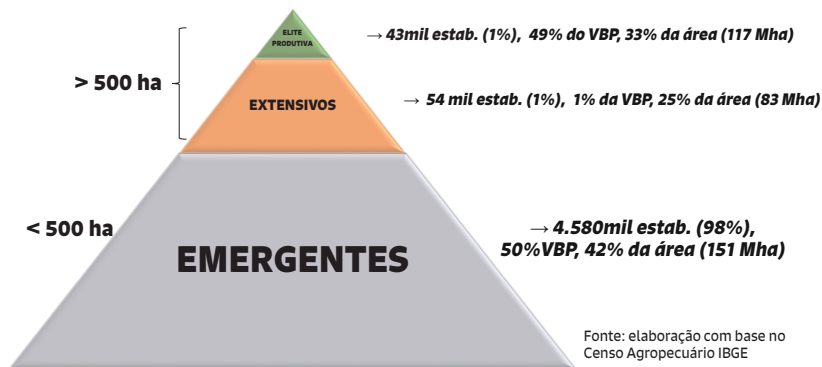
ponto de vista produtivo e econômico, de outra parte mais pobre e altamente dependente de políticas de inclusão produtiva (não necessariamente pequenos).

Observando os resultados do Censo Agropecuário 2017, percebe-se uma primeira grande divisão entre categorias de produtores rurais (Figura 1). No topo da pirâmide está a aqui denominada “**elite produtiva**”, que detém 117 milhões de hectares em um número reduzido de estabelecimentos (43 mil), gerando 49% do Valor Bruto de Produção (VBP) brasileiro. Como padrão, esta elite concentra produtores rurais com no mínimo 500 hectares, mas que podem atingir alguns milhares de hectares que não dependem de ATER pública e gratuita, contam com acesso à tecnologia de ponta, estão conectados remotamente e com capacidade de aplicar a chamada “Agricultura 4.0”. Seu ganho se dá em escala (quanto maior a área, maior o VBP e menores são os custos relativos da produção) e, normalmente, atuam nas cadeias das chamadas grandes *commodities*.

Logo abaixo deste público na pirâmide estão os aqui denominados “produtores **extensivos**”, categoria que estabelecimentos com área maior que 500 ha (mesma da elite produtiva), mas que, ao contrário desta, gera apenas 1% do VBP. Esta classe também concentra terras (25% da área ou 83 milhões de hectares, distribuídos em 54 mil estabelecimentos).

Abaixo dos “extensivos”, encontram-se os que aqui são denominados “**emergentes**”. Esta categoria de produtores se diferencia das duas primeiras por possuírem estabelecimentos com menos de 500 ha. Dentro desta categoria encontram-se 4,5 milhões de estabelecimentos (98% dos estabelecimentos brasileiros), que geram 50% do VBP e ocupam 151 milhões de hectares (42% da área produtiva).

Figura 1. Novos atores do rural brasileiro (GPP, 2021).



Fonte: Elaboração própria.

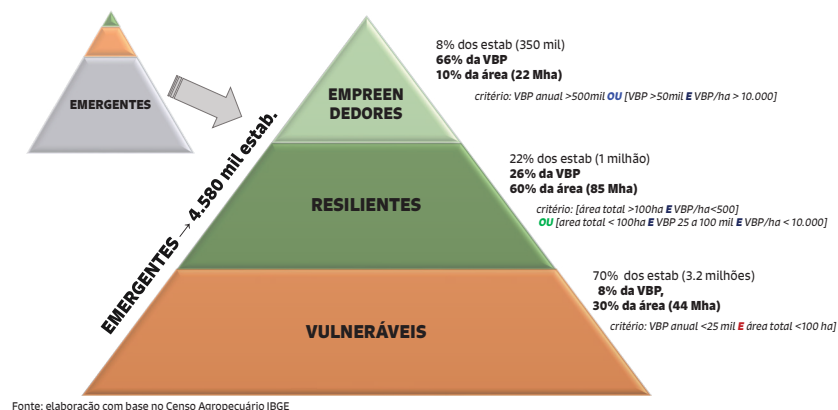
A categoria “emergentes” é altamente heterogênea, porém é possível estabelecer alguns padrões dentro desta classe, criando uma pirâmide específica, como mostrado na Figura 2. No topo da pirâmide dos “emergentes” estão os aqui denominados “**empreendedores**”, que compreendem 8% dos emergentes (350 mil estabelecimentos), concentram 66% do VBP em apenas 10% da área (22 milhões de hectares). Essa categoria abarca tanto agricultores familiares (de acordo com a Lei nº 11.326/2006) como médios produtores rurais, inseridos no mercado e pressionados a seguir a economia de escala, isto é, dependem de aumento de área ou verticalização produtiva para garantir uma renda líquida que justifique a manutenção da atividade produtiva do estabelecimento (e não a venda ou arrendamento), uma vez que predominantemente trabalham nas cadeias de *commodities*. Embora com área menor que a categoria da “elite produtiva”, estes produtores também estão conectados remotamente e buscam aplicar a chamada “Agricultura 4.0”.

Abaixo da categoria dos empreendedores, encontram-se os aqui denominados “**resilientes**”, que compreendem 22% dos emergentes (1 milhão de estabelecimentos), concentram 66% do VBP e ocupam

60% da área dos emergentes (85 milhões de hectares). Assim como os “empreendedores”, esta categoria também abarca agricultores familiares e médios produtores, porém que se inserem em sistemas de produção menos intensivos, o que se reflete em dificuldade econômica de longo prazo. A maior parte desses produtores atuam nas cadeias da pecuária de corte e leite.

Na base da pirâmide encontram-se os aqui denominados “vulneráveis”, categoria que engloba 70% dos emergentes (3,2 milhões de estabelecimentos), concentra apenas 8% do VBP e ocupa 30% da área dos emergentes (44 milhões de hectares). Esta categoria possui pequenos estabelecimentos (< 100 ha), englobando, portanto, parte dos agricultores familiares de acordo com a Lei nº 11.326/2006 e é bastante marcada pela pluriatividade, em que grande parte da renda familiar advém de atividades de fora do estabelecimento agropecuário, quer seja de aposentadorias e pensões, quer seja da prestação de serviços rurais ou urbanos. Dessa forma, configura-se para os “vulneráveis” um cenário também de grande demanda por conectividade, relacionada muito mais à utilização de serviços semelhantes aos acessados nas áreas urbanas do que às tecnologias de produção agropecuária.

Figura 2. Detalhamento da categoria de produtores “emergentes”.



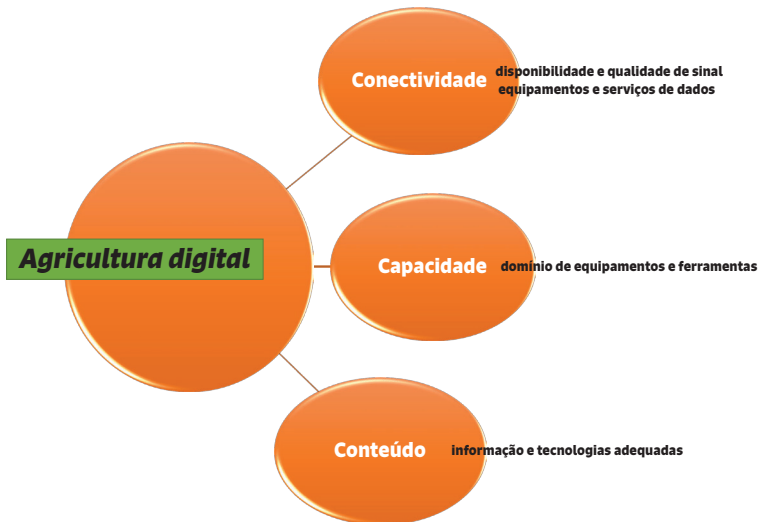
Fonte: Elaboração própria.

Diferentes perfis, necessidades diversas

Como visto, o rural brasileiro é amplo e diverso apresentando agricultores com perfis produtivos e tecnológicos muito distintos, o que gera demandas diferentes por inovações tecnológicas. Embora recentemente haja grande envolvimento do setor agrícola mais tecnificado com tecnologias da Agricultura 4.0 nos diversos processos (antes e até o pós-porteira), há grande disparidade entre este tipo de demanda e as do produtor rural sem ou com pouco acesso não só à internet e a serviços essenciais como ATER, saneamento básico, entre outros.

A disparidade no acesso e uso das ferramentas tecnológicas da Agricultura 4.0 está relacionada a uma série de condições territoriais de infraestrutura, sociais, econômicas, educacionais e culturais, que, quando ausentes, se configuram em barreiras para que os benefícios da transformação digital sejam universais. Sinteticamente, pode-se dizer que a implementação da agricultura digital considerando o território depende da configuração estabelecida no tripé: i) conectividade, ii) capacidade, e, iii) conteúdo.

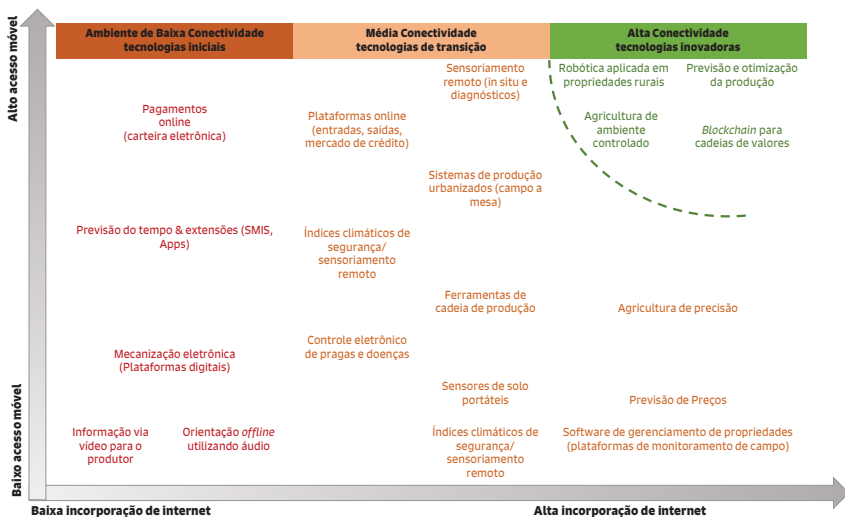
Figura 3. Pilares para implantação da agricultura digital.



Fonte: Elaboração própria.

As barreiras à conectividade estão relacionadas basicamente à tecnologia e à infraestrutura (disponibilidade e qualidade de sinal) e a questões econômicas que afetam o acesso aos equipamentos e serviços de dados. A relação entre a qualidade da conectividade e a mobilidade no acesso determinam as características e complexidades das ferramentas da agricultura digital que podem ser desenvolvidas ou direcionadas para atender a um determinado território (ver Figura 4).

Figura 4. Relação de conectividade e mobilidade com o desenvolvimento da agricultura digital.



Fonte: Adaptado de KIM, Jeehye *et al.* (2019).

Além do território possuir a infraestrutura de conectividade adequada, o segundo pilar diz respeito às capacidades necessárias para o uso das novas ferramentas da Agricultura 4.0. Os produtores ou seus colaboradores devem ter a capacidade de operar sistemas, aplicativos, equipamentos, sensores etc., para usufruir adequadamente dos benefícios das tecnologias.

O terceiro pilar tem a ver com a adequação das informações e ferramentas ao perfil produtivo e tecnológico dos produtores rurais. Nesse sentido, a elaboração de inovações deve ser ampla e diversificada, para que as ferramentas digitais desenvolvidas possam ser adequadas aos diferentes perfis tecnológicos e produtivos dos produtores.

Conectividade na agropecuária

O aumento da disponibilidade de infraestrutura de conectividade multiplica os acessos à rede e amplia as possibilidades de utilização de tecnologias associadas aos processos produtivos e de gestão de propriedades rurais, levando a diversos benefícios, tais como a elevação da produtividade, redução de custos e, conseqüente, o incremento de competitividade.

Além da existência da conexão em si, um fator importante em muitas aplicações e soluções é a velocidade do tráfego de dados, ou seja, a capacidade do serviço de conexão de enviar e receber os conteúdos digitais em determinada unidade de tempo. Essa junção de fatores ocorreu efetivamente quando na telefonia móvel foi implantada a tecnologia 3G (em 2004), a qual permitiu que a rede móvel tivesse longo alcance e redes de acesso à Internet em alta velocidade e vídeo-telefonia.

Essa tecnologia 3G ainda promove conectividade para boa parte do território nacional (ver mapa e números à frente). Em 2012, a Anatel realizou uma licitação de frequências¹⁰ (em 2500 MHz), para a implantação de redes 4G com a tecnologia *Long Term Evolution* (LTE). Esse é o padrão predominante no Brasil, que partilha da mesma natureza básica do 3G, mas promove um expressivo aumento da velocidade de transmissão de dados, por ser mais integrada aos

10. A frequência representa a transmissão de sinais por radiofrequências. O órgão que regulamenta (licenciamento, homologação e concessão de uso) e fiscaliza a utilização do espectro de radiofrequências é a Anatel.

sistemas baseados no protocolo TCP/IP. Em 2014, a Anatel também licitou para a implantação de 4G, a faixa de frequência de 700 MHz, liberada com o fim da TV aberta analógica.

Em 2021, foram leiloadas as frequências para a conexão de quinta geração (5G), mas essa ainda opera em escala de teste, para posterior implantação. Diferentemente das mudanças nas gerações passadas (3G e 4G), essa tecnologia permitirá a alocação dinâmica das frequências e não somente promoverá um incremento de taxas de transmissão, mas também na especificação de serviços que permitam o atendimento de diferentes aplicações. A expectativa é que o 5G vá concretizar conceitos como IoT e aprendizagem de máquina em tempo real, promovendo uma verdadeira transformação na forma como as pessoas e organizações se relacionam. Entretanto, o raio de cobertura do sinal 5G com a tecnologia hoje disponível será menor que o das gerações passadas, o que traz limitações para usufruir da rede de torres existentes (principalmente de 3G e 4G) e demandará evolução para atender à dimensão rural.

As tecnologias de redes banda larga móvel (3G, 4G e 5G) padronizadas internacionalmente pelo 3GPP operam a partir de redes de antenas estação rádio base (ERB)¹¹, ligadas umas às outras por uma rede *backhaul*¹². Cada ERB equipada com antena(s) vai transmitir o sinal a um determinado raio de distância¹³, atendendo certa extensão de área geográfica com conectividade. Há dois tipos de redes de internet (subredes periféricas):

- (i) públicas licenciadas, que se utilizam das faixas de frequência concedidas por licitação. Nessa o acesso do usuário é concedido por uma operadora, a qual controla a extensão de sua cobertura territorial (com algumas regras

11. O sistema funciona mediante à disposição de antenas repetidoras em pontos estratégicos, até chegar ao dispositivo móvel do usuário.

12. Os *backhauls* são infovias de alta capacidade, ligações secundárias que fazem a conexão entre o núcleo da rede mundial de internet (*backbones*)/ISP e as subredes periféricas.

13. Potência da antena, altura de instalação etc.

estabelecidas pela Anatel na concessão). Produtores rurais fora do raio de cobertura do sinal disponível pela operadora, poderiam em acordo com a operadora, custear a instalação de ERB para que fosse atendido pela cobertura, entretanto, essa nova ERB não operaria com exclusividade para o produtor e outros potenciais usuários no raio de cobertura poderiam usufruir do sinal, o que levaria a menor disponibilidade de banda disponível (conexão ruim pelo número de usuários); e

(ii) privadas, que usam faixas não licitadas e disponíveis para uso privado (o uso deve ser autorizado pela Anatel). Permitem maior controle sobre quem poderá ter acesso ao serviço, mas o produtor rural tem de arcar com a instalação, operação e manutenção dessa rede. Outro fator que impacta a rede privada é o potencial de dificuldades de interoperabilidade (comunicação) e integração entre fornecedores diferentes de soluções da Agricultura 4.0.

As principais formas de acessar a rede de *internet* banda larga (conectar um dispositivo) com tecnologias sem fio são:

(i) via sistemas rádio ponto-área (tecnologias de redes banda larga móvel 3GPP — 3G, 4G e 5G), rádio enlaces Ponto-a-Ponto (P2P) e Ponto-Multiponto (P2mP) em faixas licenciadas e não licenciadas do espectro eletromagnético. Obstáculos entre uma torre de transmissão de rádio e o sistema de recepção podem distorcer o campo eletromagnético gerado, ou seja, o diagrama de radiação real da antena, conseqüentemente, a qualidade da recepção. Obstruções podem ser naturais ou artificiais. A depender da faixa de frequências, reflexões podem ocorrer no meio (espelhos d'água, telhados metálicos) com prejuízos para o desempenho de sistemas de rádio. O custo de implantação da infraestrutura da rede de torres depende principalmente da distância do ponto de destino em relação ao *backbone*, entre outras coisas. O número de saltos é inversamente proporcional à frequência de operação do sistema de rádio instalado;

(ii) via satélite: geoestacionário, apesar da velocidade desse tipo de conexão ser bem alta, em razão da enorme distância entre o objeto espacial (repetidor rádio) e o receptor (cliente), existe um atraso

considerável na comunicação (latência, da ordem de 800 ms), o que dificulta sua utilização para a prática de atividades que envolvam respostas rápidas (como automação de certas máquinas e robôs que demandam aplicações em tempo real com baixíssima latência e alta disponibilidade de rede); constelações de satélites LEO, de baixa órbita que oferecem baixas latências quando comparadas a um satélite geoestacionário. A versão beta da rede Starlink, por exemplo, conta com 1.380/12.000 objetos espaciais posicionados a 550 km de altitude, apresenta taxas de descida entre 15 e 107 Mbps, subida entre 23 Mbps, com latência de 33 ms. Também existem algumas questões atuais relacionadas ao uso massivo dessa tecnologia, fator que demandará evolução no sentido de redução dos custos das tarifas para acesso mais amplo ao meio rural.

O rural ainda está desconectado

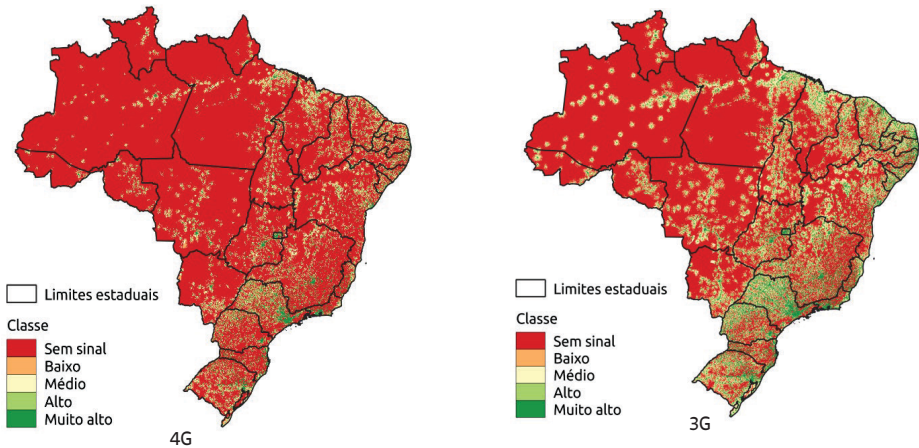
Um panorama atual da qualidade e distribuição geográfica da banda larga via as tecnologias 3G e 4G no território nacional, pode ser visto na Tabela 1 e Figura 5, apresentadas a seguir.

Tabela 1. Tipo de uso do solo e cobertura de sinal por 3G e 4G.

Tipo de uso do solo	Vegetação	Pastagem	Agricultura	Área total
4G sem sinal ou sinal ruim	23.775.450,00	139.592.025,00	70.435.625,00	733.803.100,00
% 4G do total por classe	93%	83%	74%	89%
3G sem sinal ou sinal ruim	478.924.600,00	112.216.925,00	50.048.250,00	641.189.775,00
% 3G do total por classe	85%	67%	52%	77%
Área total	565.273.825,00	167.461.600,00	95.799.400,00	828.534.825,00

Esses números são fruto da interação entre informações de uso da terra geradas pelo Mapbiomas com o modelo usado no estudo de conectividade executado pelo USP/ESALQ/GPP.

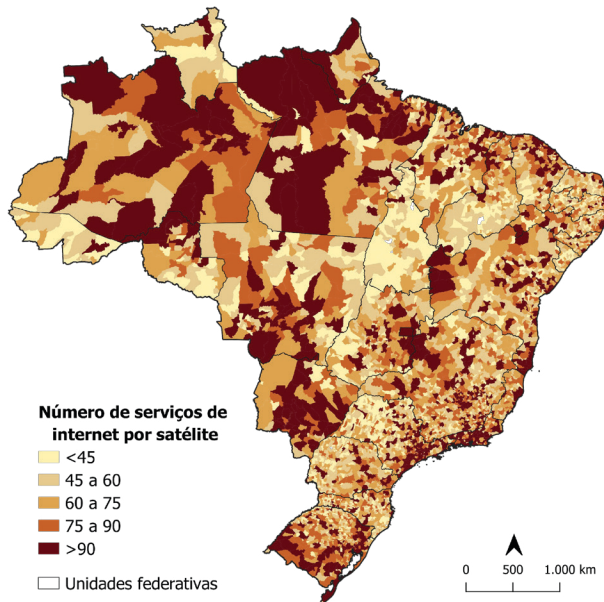
Figura 5. Mapa indicativo da intensidade do sinal de 3G e 4G no território nacional.



Esse modelo foi melhorado¹⁴ e atualizado com informações das antenas homologadas na Anatel em 22/09/2021. Para as duas tecnologias de banda larga móvel o modelo foi processado separadamente e muitas áreas apresentam simultaneamente cobertura com sinal das duas tecnologias, provavelmente pelo fato do aproveitamento de torres com antena 3G existente na implantação do 4G.

Como pode ser observado pelos números apresentados, o Brasil possui cerca de 96 milhões de hectares utilizados pela agricultura, sendo 74% dessas áreas sem sinal ou com sinal ruim para o 4G e 52% para o 3G. Considerando as áreas de pastagens que somam cerca de 167,5 milhões de hectares, a extensão agropecuária sem sinal ou com sinal ruim, tanto para o 4G como para o 3G, aumenta consideravelmente.

14. Foram realizados aprimoramento no algoritmo do modelo e inserção de alguns parâmetros variáveis que anteriormente foram utilizados com um único valor padrão, dando mais precisão aos resultados gerados.

Figura 6. Mapa indicativo da cobertura de serviços de internet por satélite no Brasil.

Fonte: Dados da ANATEL (2020); divulgados pelo Portal Brasileiro de Dados Abertos (2020).

Diferentemente do mapeamento territorial mostrado para as tecnologias 3G e 4G, só é possível avaliar a abrangência da conectividade via satélite (cujas conexões são necessariamente ponto a ponto — um *link* para um receptor) com dados da rede VSAT, a partir de arquivos consolidados pela ANATEL, representando a contagem de serviços por município. O total de pontos de serviços no país foi de 364.404 em 5.564 municípios, entretanto com essa informação não se pode ter a dimensão de pessoas atendidas e, tampouco, da cobertura em área rural.

Portanto, há a necessidade de avançar muito com a infraestrutura para ampliar e universalizar a conectividade no meio rural e assegurar a entrada da agricultura digital em todo o território explorado com a agropecuária. Neste sentido, o aumento da oferta de sinal de *internet* e a disponibilização de ferramentas da Agricultura 4.0 mais acessíveis (custo de aquisição e manutenção) nas áreas rurais mais pobres

podem ser marcos para viabilizar o acesso e diminuir a cisão digital entre os diferentes tipos de produtores rurais.

Inclusão digital no rural e o papel da ATER

Além das questões de infraestrutura e fatores econômicos que viabilizem as ferramentas para a digitalização do campo, a questão do estágio de engajamento digital (nível de domínio e capacidade de usar equipamentos e ferramentas digitais) dos produtores é fundamental para dimensionar o esforço para efetivação desse processo. Sem dúvida será necessário capacitar os produtores rurais para operar e manipular equipamentos e ferramentas digitais (segundo pilar, Figura 1).

O conceito de estágio de engajamento digital, proposto por *Voutier*, retrata bem o contexto rural e as diferentes formas de exploração de ferramentas digitais (plataformas de comunicação e educação, aplicativos diversos, transferência de informações etc.), conforme as competências dos produtores rurais (usuários). Os produtores rurais se movem em uma série de 5 estágios na adoção de tecnologias digitais. Na etapa inicial, o produtor está desprovido de tecnologias digitais, o que torna a comunicação estritamente pessoal e presencial (cara a cara). No segundo estágio, inserem-se os produtores que utilizam as chamadas de voz por telefone. No terceiro estágio o produtor incorpora a troca de mensagens de texto, mensagens de áudio, interação em grupos de *WhatsApp* e até a participação em redes sociais. No estágio seguinte (4), a conectividade é utilizada de forma muito mais ativa e prospectiva, no sentido de buscar conhecimento além daquele recebido passivamente nas redes sociais e, no último estágio, a pessoa adota a conectividade como um canal de acesso a aplicativos, plataformas e serviços digitais que são então inseridos na atividade produtiva ou em tarefas do dia a dia.

Por outro lado, de forma bem simplista, o papel da ATER, seja ela pública ou privada, é levar conhecimento e tecnologias para os produtores rurais e impulsionar o desenvolvimento rural.

Num contexto, em que o universo rural é extremamente heterogêneo, os produtores rurais podem ser classificados pelo resultado da combinação de sua característica produtiva, tecnológica, educacional, cultural e de engajamento digital, elementos que definem a digitalização no campo. Os serviços de ATER têm importante papel na inclusão digital dos produtores, especialmente aqueles com maior *déficit* tecnológico, assegurando as capacidades mínimas para o acesso e uso das novas ferramentas digitais.

Se por um lado a tecnologia digital coloca mais um elemento que o agente de ATER terá de considerar, por outro, com as TICs, esses serviços ganham novas ferramentas e potencialidades, que podem se tornar cada vez mais relevantes para diversificar, ampliar e melhorar a disponibilidade e a presteza no atendimento de uma ampla gama de agricultores, através da ATER Remota¹⁵ ou da ATER Digital¹⁶. Como destacado no estudo do FIDA, há um enorme potencial das TICs para promover a melhoria da relação entre extensionista e produtor, além de facilitar, otimizar e maximizar a utilização de dados e informações, inclusive as que são coletadas em campo, de modo a tornar mais efetiva a implementação das soluções, entre elas as de gestão e acesso ao mercado.

Para ilustrar esse contexto, a difusão de tecnologias e boas práticas agrícolas no modelo tradicional de ATER, sofre com a dificuldade de armazenamento e organização de informações, limitação de recursos

15. ATER Remota é como a ATER tradicional, acrescida de ferramentas digitais que auxiliam na comunicação entre extensionistas e agricultores sem o contato presencial (WhatsApp, YouTube, Facebook, sites institucionais, comunicações via rádio e TV etc.), podendo ser a comunicação uma via de mão única (agricultor basicamente como receptor de informação) ou de mão dupla (interação entre extensionista e agricultor) (FIDA).

16. ATER Digital, refere-se a um novo paradigma de ATER, protagonizado pela chamada “revolução digital”, e envolve o uso de TICs de forma mais autônoma, abrangente e veloz, com uso de inteligência artificial para coleta, armazenamento e filtragem de dados, identificação de perfis de usuários (agricultores), disseminação de conteúdo, uso de aplicativos de gestão e operacional de propriedades etc. (FIDA).

técnicos para o desenvolvimento do treinamento, ciclos longos de ensino-aprendizagem, baixa frequência de acompanhamento e alto custo. As vantagens das novas tecnologias Agro 4.0, principalmente as TICs, estão na redução do custo de difusão da informação, viabilizando maior cobertura e frequência no atendimento, com melhor organização da informação e na obtenção de dados sobre os produtores e sua produção, visando o aprimoramento contínuo dos serviços. A conclusão óbvia é que muitas soluções podem ser construídas mediante à interação e sinergia desses processos.

É consenso que a ATER é um dos principais instrumentos para promoção do desenvolvimento rural sustentável e deve ter papel-chave na inclusão digital dos produtores rurais. Além dos pilares fundamentais da digitalização do rural (Figura 6), que devem ser consideradas quando se pensa em levar a ATER amparada por ferramentas digitais, também devem ser consideradas variáveis relevantes o preparo dos agentes de ATER no uso dessas ferramentas (com provável necessidade de treinamento para melhor utilizar essa forma diferenciada de comunicação) e o suporte das instituições no oferecimento de equipamentos de qualidade (que permitam comunicação com rapidez e qualidade entre extensionistas e agricultores).

Portanto, para a ATER remota ou digital acontecer de maneira efetiva, dando suporte ao desenvolvimento rural e digitalização do campo, é necessário que haja um equilíbrio entre a disponibilidade de *internet* no meio rural e a preparação dos agricultores e instituições de ATER para a adoção e aproveitamento de tais tecnologias.

Os desafios e as oportunidades

O enorme avanço tecnológico recente em TICs e outras tecnologias da Agricultura 4.0 vem impulsionando o processo de digitalização no meio rural, reconfigurando e redesenhando processos e produtos.

As tecnologias da Agricultura 4.0 têm o potencial para ampliar a eficiência dos sistemas agroalimentares, aumentando a produtividade agrícola entre outras coisas, mas há riscos a serem considerados, como a cisão digital entre urbano e rural e grandes e pequenos produtores, a concentração da informação em poucas grandes empresas de tecnologia e o uso indevido de dados.

Para avançar na transformação digital, o país precisa enfrentar enormes desafios que vão da infraestrutura de conectividade no campo até o preparo dos atores para trabalharem com as novas tecnologias do Agro 4.0. Neste sentido, ressaltam-se os seguintes pontos:

- (i) O aumento da oferta de sinal de *internet* e a penetração dos *smartphones* nas áreas rurais mais pobres são marcos para viabilizar o acesso às tecnologias e diminuir a cisão digital. É importante considerar que um contingente expressivo de habitantes do rural não estão necessariamente interessados no Agro 4.0, mas, mesmo assim, podem ter suas vidas melhoradas com a conectividade digital pelo acesso a serviços e criação de oportunidades de geração de renda tal como acontece nas zonas urbanas;
- (ii) não é trivial o preparo das instituições de ATER (incluindo seus técnicos) para trabalhar na era da Agricultura 4.0 e potencializar a inclusão digital do agricultor. Cada perfil de agricultor tem uma demanda e formação diferentes e cada região tem limitações de infraestrutura que variam muito no território, criando grandes descontinuidades e, com isso, a tendência de risco na viabilização de ações em grandes instituições é de simplificação de processos e soluções que podem gerar baixa adesão;
- (iii) outro desafio é a capacitação da mão de obra no campo, que deve sofrer um forte impacto com a automação e a

informatização dos processos agrícolas. É provável que o primeiro eixo de inserção da automação e robótica seja na área de transportes e operação de máquinas, que ainda absorve muita mão de obra no meio rural. Consequentemente, a extinção de ocupações sem medidas eficientes de recolocação e qualificação resultará em possível migração de força de trabalho para outras atividades, provavelmente mais mal remuneradas que as atuais;

- (iv) a agricultura digital pode, por outro lado, desempenhar um papel positivo relevante no desenvolvimento rural e fixação de jovens pela viabilização de atividades não agropecuárias no rural e educação a distância, além do fortalecimento de ações clássicas como cooperativismo, crédito, assistência técnica e comercialização;
- (v) face aos desafios da agricultura digital, o poder público tem um papel crucial na elaboração de estratégias e regulamentação, para que o saldo da transformação digital no campo se traduza em oportunidades inclusivas e sustentáveis.

Referências Bibliográficas

ANATEL; divulgados pelo Portal Brasileiro de Dados Abertos (2020). Bianchini & Bazotti (2020).

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Conectividade rural: situação atual e alternativas para superação da principal barreira à Agricultura 4.0 no Brasil. Rio de Janeiro, v. 26, n. 52, p. 7-43, set. 2020.

BRASIL. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/agrohub-brasil>. Acesso em: 23 fev. 2022.

BRASIL. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/regulado/universalizacao/compromissos-do-leilao-do-5g>. Acesso em: 23 fev. 2022.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas, 2020.

GPP. Grupo de Políticas Públicas (2021). “Análise territorial das necessidades de ATER, infraestrutura e plano de monitoramento e avaliação das ações empreendidas”, realizado pelo GPP e pela FEALQ como Agência Implementadora, no âmbito do BRA/IICA/13/002. Disponível em: <https://www.gppesalq.agr.br/>. Acesso em: 23 fev. 2022.

IICA/MAPA/FEALQ. Análise da conectividade no meio rural: acesso à informação, ATER e fixação do jovem no campo. PCT IICA/BRA/02/2015 — “Projeto de Cooperação Técnica Internacional para a Regionalização das Políticas de Desenvolvimento do Agronegócio e do Cooperativismo Brasileiros”, celebrado entre IICA/MAPA e Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ). CENARIOS 2021.

KHAN, A.; LIPFERT, F. Disponível em: <https://www.speedcheck.org/starlink-performance-2021/>. Acesso em: 23 fev. 2022.

KIM, J. *et al.* Scaling Up Disruptive Agricultural Technologies in Africa. World Bank Publications, 2019.

MAPBIOMAS. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Dados de outubro 2021. Acesso em: 23 fev. 2022.

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

RIGUES, R. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2021/04/07/ciencia-e-espaco/saiba-tudo-sobre-o-projeto-starlink/>. Acesso em: 23 fev. 2022.

ROCHA JUNIOR, A. B. *et al.* Conectividade rural e inclusão digital como estratégias para a democratização da ATER: Oportunidades para o Brasil e Peru. Grupo de Políticas Públicas (GPP/ESALQ-USP); Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA), 2021. 40p. Disponível em: <https://lac-conocimientos-sstc.ifad.org/documents/262275/0102b72b-56e8-22c2-5916-03ed4bc439f7>. Acesso em: 23 fev. 2022.

RODRIGUES, N. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/51706860/pesquisa-contribui-para-transformacao-digital-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 23 fev. 2022.

TELECO. Disponível em: https://www.teleco.com.br/4g_brasil.asp. Acesso em: 23 fev. 2022.

UEHARA, B.; DE MOURA, A. P. Transformação digital e extensão rural: um relato de ideação. In: Congresso Transformação Digital, 2019.

VOUTIER, P. Driving Smallholder AgriTech Adoption: What will it take? International Fund for Agricultural Development (IFAD), 2019.

WIKIPEDIA. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/3G>. Acesso em: 23 fev. 2022.

5) Agricultura de precisão e agricultura digital na prática: os benefícios das tecnologias digitais para o agronegócio

Marcos Nascimbem Ferraz

Diferentes setores já foram significativamente impactados pela tecnologia, mas por que as inovações são mais vistas em outras áreas do que no agronegócio? Por que estamos acostumados com algoritmos de inteligência artificial para recomendação de filmes e não para recomendação de adubos ou sementes? Precisamos olhar novamente para o agro, agora pela perspectiva da transformação digital.

Atualmente o mundo está passando pela chamada “Transformação digital”, que faz com que os dados e as informações passem a ter mais valor do que as coisas materiais. A obtenção, o armazenamento e o processamento de dados se tornaram exponencialmente mais fáceis e mais baratos. As possibilidades do digital em revolucionar o entretenimento, o marketing e as relações sociais são inúmeras, mas qual a revolução que este fenômeno causará em uma área tão material e natural como o agronegócio?

A agricultura é uma ciência natural e não se pode apressar a natureza. No mundo digital, as coisas acontecem de forma extremamente rápida e barata, já no agro as coisas são bem diferentes. Imagine que uma startup lança uma inovação na área de entretenimento, em poucos dias, milhares de pessoas já poderão

testar, comprar e enviar *feedbacks* sobre a performance desta inovação, a qual poderá ser rapidamente aprimorada e adequada ao mercado. Para que esse ciclo de “desenvolver × testar × melhorar” aconteça na agricultura, é preciso esperar a natureza, a safra, as chuvas, o período ideal para cada atividade etc. Isso faz com que as inovações demorem para acontecer, aumentando o tempo para o retorno econômico e diminuindo a paciência dos investidores.

Mas por que devemos insistir no desenvolvimento de inovação para o agro? Porque os benefícios serão gigantescos a longo prazo. A indústria do agronegócio ainda é muito embrionária em relação à eficiência de processos, especialização e mitigação de riscos. Se compararmos com a indústria automobilística, seria como se estivéssemos produzindo carros de maneira artesanal, com altos custos e pouca eficiência no processo. Os processos de industrialização e as linhas de montagem tornaram os carros muito mais acessíveis, e é essa a grandeza da revolução que podemos fazer na agricultura com a transformação digital, fazendo com que a eficiência do campo se compare à eficiência da indústria, eliminando os riscos e desperdícios e aumentando exponencialmente o seu potencial.

A revolução digital no campo irá gerar informações que auxiliarão os produtores a tomarem decisões baseadas em evidências e não mais em suposições empíricas reduzindo os riscos e tornando as ações muito mais assertivas. Por exemplo, um agricultor hoje acredita que a variedade A é melhor que a variedade B em determinada situação (por exemplo: sob déficit hídrico) com as informações corretas, ele irá saber exatamente quanto e em quais situações a variedade A é melhor que a B, podendo calcular com exatidão se o investimento irá ser compensado.

Essa é a chamada “gestão baseada em dados”, a premissa do que conhecemos como “Agricultura de Precisão”, uma estratégia de gestão que considera que a lavoura não é uniforme, tanto espacialmente quanto temporalmente, ou seja, não devemos sempre

aplicar os mesmos produtos nas mesmas doses para todos os locais, temos que considerar as variáveis e de fato medir para recomendar apenas o necessário, aumentando a lucratividade da área. Apesar da transformação digital do mundo parecer algo recente, o termo “Agricultura de Precisão” surgiu na década de 1990 e no início dos anos 2000 já existiam consultorias especializadas e equipamentos nacionais para a aplicação em doses variáveis de insumos com base em mapas. A grande mudança agora é a quantidade de ferramentas e possibilidades que temos disponível, o que facilitará e muito esse trabalho. Quanto mais acesso tivermos às novas tecnologias — softwares, sensores, ferramentas de análise etc. mais oportunidades teremos de tornar a agricultura cada vez mais sustentável e eficiente, gerando benefícios para toda a humanidade.

Objetivamente, as tecnologias irão auxiliar a produção agrícola basicamente de três formas:

Aumentando a qualidade e a quantidade de informações

A agricultura é um setor pouco acostumado a trabalhar com dados e informações. Historicamente o agricultor sempre trabalhou muito mais com observações e ações momentâneas para as tomadas de decisão. Se choveu e a terra está em condições, pode plantar; se encontrou insetos ou doenças, aplica-se defensivos; se a cultura está madura, colhe; e assim por diante. As recomendações são mais baseadas em calendarização ou observações imediatas do que em planejamentos com base em previsões e informações assertivas.

A análise de solo, por exemplo, é o dado mais utilizado para planejamento na agricultura, ela é a informação fundamental para que o agricultor possa conhecer a capacidade da área em suprir nutrientes para as plantas servindo como base para a recomendação das quantidades adequadas de corretivos e fertilizantes. A importância é tanta que ela é uma das exigências das instituições financeiras para

disponibilizar crédito agrícola e seguro safra ao agricultor, pois possibilita a avaliação dos riscos do negócio. Conforme o Manual de Crédito Rural (2010), para ter acesso a essas linhas de financiamento, o agricultor tem que apresentar laudos de análise de solo e da respectiva recomendação agronômica. No entanto, mesmo essa informação não está consolidada e disponibilizada para acessos a históricos, correlações e outras análises em geral. De acordo com o Programa Nacional de Solos do Brasil (Pronasolos), menos de 5% do território nacional conta com mapas de solos em escalas bastante detalhadas, ou seja, de 1:100.000 ou maior.

A tecnologia vai mudar essa realidade. Ela irá possibilitar que os dados existentes sejam facilmente armazenados e organizados — um exemplo é a plataforma do Pronasolos, que promete mapear os solos de 8,2 milhões de km² até 2048, em escalas detalhadas. Dados de clima, chuvas, incidência de pragas e doenças, índices de produção entre outros poderão ser mapeados da mesma forma.

Além das informações que já estamos acostumados, novos dados passarão a ser utilizados, como, por exemplo, as imagens de satélites ou os drones; estes fornecem uma ótima estimativa da quantidade de biomassa da cultura o que pode servir como base para estimativas de produtividade, mapeamento de infestações, orientação de locais a serem investigados etc.

Mesmo sem o consentimento dos agricultores, os satélites estão constantemente tirando fotos e obtendo informações com resolução cada vez maior de suas áreas. Essa é uma oportunidade de avaliação da lavoura nunca vista antes. O que antes era realizado apenas de forma pontual através de visitas a campo pode ser feito de forma mapeada em alta resolução e em escala praticamente diária.

Além dos dados remotos, que não precisam nem de visitas para serem adquiridos, os maquinários e os trabalhadores estão munidos de diferentes sensores e dispositivos de localização que permitem um rastreamento das atividades e mapeamento de informações que

antes nem eram consideradas. Dados que são extremamente úteis para o gerenciamento das atividades como velocidade de operação, quantidade de insumo aplicado, horas trabalhadas, entre outros são facilmente obtidos de forma automática e instantânea.

Mas não apenas o gerenciamento das atividades será aprimorado. Os dados podem servir também para melhorar o mapeamento e diagnóstico das lavouras. Sensores de planta e de solo instalados nas máquinas podem realizar diagnósticos durante a operação sem muito esforço. Os sensores de colheita apresentam o resultado da performance do campo de forma mapeada e em tempo real, além de diversos outros sensores utilizados que podem passar a ser mapeados e correlacionados com o desenvolvimento da plantação, estrutura do solo etc. Os dispositivos para registros de amostragens e avaliações manuais, estão agora georreferenciados, o mesmo acontece com as estações meteorológicas, pluviômetros e armadilhas espalhadas pelas lavouras, captando dados e se comunicando de forma integrada.

Toda essa nova quantidade de informações é apenas a matéria-prima para a geração de resultados realmente significativos. Logicamente estes dados precisam ser trabalhados e utilizados para que possam gerar resultados efetivos, mas a tecnologia também irá auxiliar nestas etapas.

Melhorando as recomendações

De nada adiantaria termos essa infinidade de dados e informações à disposição se não tivéssemos a capacidade de transformá-las em recomendações e posteriormente conseguirmos aplicar de forma eficiente. As ferramentas de análise também tiveram evolução significativa nas últimas décadas.

Simplesmente o fato de conseguirmos mapear as informações, considerar a localização das amostras, a variabilidade espacial da área e conseguirmos interpolar os locais não amostrados para a geração de mapas já possibilitou a aplicação em doses variáveis de produtos.

Essa possibilidade foi o início da Agricultura de Precisão, que já gerou ganhos significativos em produtividade e eficiência na aplicação de insumos. Esse é apenas um exemplo de uma operação matemática, usando normalmente uma única informação (o resultado da análise de solo para a recomendação da adubação, por exemplo).

No entanto, como a ideia agora é trabalhar com múltiplas informações, não podemos mais simplesmente utilizar as fórmulas e recomendações que estávamos acostumados, o que era possível fazer com uma simples calculadora ou na caneta e no papel. Se queremos trabalhar com múltiplas variáveis necessitamos de estratégias de análises multivariadas.

A “Inteligência Artificial” (IA) se ocupa em desenvolver mecanismos e dispositivos tecnológicos que possam simular o raciocínio humano, e, ao contrário dos processos computacionais tradicionais, o nosso raciocínio não é linear, é extremamente complexo e multivariado, exatamente como os problemas que enfrentamos na agricultura.

Uma das vertentes da IA é o aprendizado de máquinas, um campo de estudo que dá aos computadores a habilidade de aprender sem serem explicitamente programados, ou seja, o computador pode ser “treinado” e “melhorado” na medida em que novas informações e respostas são disponibilizadas a ele. Um dos métodos mais comuns para se fazer isso é através das “redes neurais”, cuja a resposta para determinado problema é conseguida através de interações entre diversas camadas de aprendizado. Assim como a maneira que interagimos com o ambiente foi construída e aprimorada em nosso cérebro desde o nosso nascimento através de diversas interações e experiências, as redes neurais tentam imitar isso. A quantidade de interações e as possibilidades de aprendizado aumentam a cada novo resultado que é apresentado ao algoritmo, tornando-o cada vez mais inteligente e capaz de lidar com problemas complexos.

Este tipo de análise já é presente em nosso cotidiano, quanto mais filmes você assiste em uma plataforma de “streaming”, melhores serão as recomendações de novos filmes que ela fará para você. Estamos constantemente fornecendo dados sobre nossos gostos e preferências para que algoritmos consigam nos recomendar coisas para comprar, filmes para assistir e amigos para seguir. Os dados de imagens, sons, tempo de atenção, cliques, curtidas etc. servem como matéria-prima para essas recomendações de forma individual para cada pessoa da mesma forma que os dados da agricultura citados anteriormente servirão como base para orientar as melhores recomendações de forma individual para cada local do talhão, considerando todos os fatores possíveis.

Aplicações mais precisas

Para completar o ciclo e de fato aumentar a lucratividade da agricultura, as recomendações deverão resultar em ações. A tecnologia tem auxiliado a tornar estas ações possíveis.

Imagine uma área quadrada de 900 hectares a qual teria um contorno de 12.000 metros. Imagine que você esteja realizando uma operação de pulverização aplicando 100 litros por hectare a uma velocidade de 20 km/h (5,55m/s) e tenha que desligar o pulverizador quando chegar na borda da área manualmente. Cada segundo adicional que você demorar para desligar o pulverizador nas cabeceiras significa um desperdício total de 666 litros de produto ($12.000m \times 5,55m/s \times 0,01L/m^2$). O problema é que as áreas normalmente não são quadradas e que as pessoas demoram muito mais que um segundo para executar esse tipo de ação. Essas “sobreposições” estão presentes em praticamente todas as operações, além das bordas há também a sobreposição lateral que costuma ser ainda maior.

Outro exemplo é a velocidade em relação à dose. Para aplicar os mesmos 100 litros por hectare a uma velocidade de 20 km/h em uma barra de 20 metros de largura você deveria regular a válvula do

pulverizador para aplicar 66,67 litros por minuto ($20 \times 20 \times 100 / 600$). No entanto, se a máquina estiver regulada desta forma e o operador andar a 18 km/h a dose real aplicada será de 111,12 litros por hectare $\{(66,67 \times 600) / (18 \times 20)\}$. Ou seja, um gasto de 11% a mais e um desperdício total de mais de 10 mil litros de calda na mesma área de 900 hectares. Imagine na prática quantas “aceleradas”, “freadas”, “sobreposições” e “desligamentos demorados” não são feitos durante as operações agrícolas e o quanto de desperdício teríamos se as máquinas não conseguirem se regular automaticamente?

Este é o outro lado do benefício da tecnologia, além da “Agricultura de Precisão” que tenta resolver o problema de realizar as recomendações corretas temos também a “Precisão na Agricultura” que resolve as falhas e desperdícios corriqueiros existentes nas operações agrícolas.

A boa notícia é que agora praticamente tudo é possível. Os sistemas de posicionamento estão cada vez mais precisos e o tempo de resposta e a precisão das válvulas e motores fazem com que mesmo as recomendações mais detalhadas possam ser executadas sem muitos problemas.

Assim completamos o ciclo para que a tecnologia gere benefícios concretos aos agricultores. Cada etapa do processo agrícola sofrerá melhorias com esse processo de medir, recomendar e agir proporcionado pela tecnologia. Estas melhorias trarão benefícios tanto locais, que influenciarão diretamente na lucratividade do produtor, quanto globais, que farão com que a agricultura evolua em nível global, tanto em produção quanto em qualidade. Veremos alguns exemplos:

Uso de insumos

Aplicação localizada ou em doses variáveis é o resultado da agricultura de precisão, que permite aplicar apenas a quantidade necessária onde é necessário. Esta possibilidade afeta diretamente tanto na produtividade

quanto no custo de produção tornando os alimentos mais baratos e mais sustentáveis. Todos os insumos aplicados geram custo e podem afetar negativa ou positivamente a lavoura dependendo da forma que são aplicados. Aplicá-los de forma mais inteligente é um passo importante para o refinamento da agricultura e praticamente todos os insumos permitem esse tipo de estratégia. Alguns exemplos:

- Corretivos fertilizantes: As plantas precisam de nutrientes e determinadas condições para crescer. Quando o solo não é capaz de suprir de forma ideal essa necessidade recorremos a adubos e corretivos. Este é o procedimento mais utilizado na agricultura de precisão, pois, como dito anteriormente, já utilizávamos o dado de análise de solo para esse tipo de recomendação, a diferença é que fazemos isso de forma mapeada. Essa diferença entre “fazer pela média” e “fazer o correto considerando cada local” muda tudo. O excesso faz tanto mal quanto a falta e em muitas situações poderíamos estar errando em toda a área, aplicando mais onde não precisava e menos onde precisava.
- Sementes: A quantidade de plantas ideal para determinado local também é variável de acordo com a capacidade do mesmo em suprir água e nutrientes para elas. Até pouco tempo essas recomendações eram genéricas e regionais, mas com as informações que somos capazes de obter atualmente é possível classificar a área em unidades de gerenciamento em uma escala muito menor e recomendar a população de acordo com real potencial produtivo de cada local garantindo o melhor aproveitamento da área.
- Defensivos agrícolas: Nesse grupo, concentra-se a maior parte do custo dos insumos, a principal causa de o custo de produção ser tão variável e o maior fator de risco na operação agrícola. O ato de “defender” a lavoura contra pragas, doenças e plantas daninhas é essencial. Se for malfeito, o prejuízo é enorme.

E como toda estratégia de defesa, quanto mais informações e planejamento melhor. O custo de produção é hoje baseado sempre na pior hipótese. Prefere-se muitas vezes aplicar o remédio com medo da possibilidade da doença; isso faz com que o risco de quebra diminua, mas nivele para cima o custo de produção. A tecnologia veio para resolver o receio do agricultor de errar e pagar caro por isso. Atualmente é possível estratégias mais inteligentes.

No caso de pragas de solo ou infestações localizadas é possível, por exemplo, mapear as manchas com satélites ou drones e direcionar a aplicação apenas para essas áreas, não deixando a infestação se espalhar na lavoura e gastando muito menos do que se fosse aplicar em área total. Ainda não se consegue mapear de forma efetiva a ação e a dinâmica de todas as pragas em uma lavoura, mas com a evolução das análises de imagem, IA, uso de armadilhas e conectividade, isso logo será possível.

Desta forma, poderemos ter no mesmo talhão áreas totalmente orgânicas que nunca necessitaram de um produto químico, pois a infestação foi controlada antes e áreas marginais ou que por algum motivo necessitaram de um investimento maior em defensivos para este controle. Uma estratégia possível é destinar o consumo do produto destas áreas de maneira diferenciada — consumo animal ou humano, por exemplo.

No caso de plantas daninhas, é cada vez mais comum o uso de sensores de clorofila para pulverização localizada. As plantas daninhas muitas vezes ficam esparsas na área, o que dificulta a realização de mapeamentos, mas estes sensores são capazes de identificar e atuar em tempo real, com válvulas extremamente precisas e com altíssima resolução, ou seja, economizando em cada centímetro livre de infestação. Economias com esse tipo de aplicação chegam a mais de 95%.

Uma maior dificuldade são as doenças em que não se pode esperar para ver, que devem ser controladas antes mesmo de se

manifestarem. Para esse tipo de controle, faz-se necessário análises preditivas, mas isso também está sendo facilitado pela tecnologia. O uso de dados climáticos e séries históricas em conjunto com coletores de esporos e análises microscópicas permitem uma previsão assertiva do risco de ocorrência de determinadas doenças. Em um projeto do Programa Agro 4.0/ABDI, no qual o agricultor foi orientado a aplicar produtos mesmo que preventivos baseados neste tipo de informação, foram constatadas reduções de mais de 20% no custo da operação e garantindo um controle eficiente.

Estratégias de gestão da fazenda

Qualquer atividade na agricultura gera algum custo e impacta no resultado de produtividade. Mesmo que não seja uma aplicação de um insumo ou que necessite ser feita de forma igual em toda a área, as tecnologias ainda podem auxiliar a torná-las mais eficientes. Alguns exemplos são citados a seguir:

- Irrigação: Esta poderia estar citada na seção anterior, pois a água e a energia utilizada não deixam de ser insumos. É até possível de irrigar quantidades variáveis dentro de um mesmo talhão, baseado, por exemplo, no tipo de solo e a capacidade do mesmo de reter água. Mas apenas fornecer recomendações assertivas de quanto e quando irrigar baseado, por exemplo, em fatores climáticos, sensores de solo, condições da cultura já auxiliam e muito a tornar a irrigação mais eficiente.
- Melhoria da qualidade operacional: Como comentado, além das máquinas ficarem mais precisas e automáticas, as informações operacionais também são coletadas e armazenadas. Desta forma, com uma gestão inteligente, é possível ter uma melhoria constante na qualidade das operações, considerando velocidade ideal, dose, rendimento etc. Além da eficiência, o momento

ideal para a realização das operações deve ser considerado. Se o grão estiver muito seco ou muito úmido, durante a colheita, aumentam-se as perdas. Se o solo não estiver com a umidade adequada o preparo ou o plantio é prejudicado. As pulverizações devem ser feitas com condições ideais de vento, temperatura etc. Errar este momento pode causar grandes prejuízos; apenas com os dados provenientes de estações, sensores, satélites, radares e modelagens estatísticas, pode-se garantir uma maior assertividade.

- Logística de comercialização e armazenamento: Estratégias para a obtenção de uma maior lucratividade após a colheita também devem ser consideradas. Principalmente nas produções ligadas a processos industriais, como cana-de-açúcar ou celulose, nas quais deve haver sincronia entre o campo e a fábrica. Quanto antes e melhor conseguirmos prever os acontecimentos do campo, melhores decisões conseguiremos tomar da porteira para fora e isso inclui estratégias locais e regionalizadas, podendo afetar deste o valor do seguro para financiamento até o momento ideal e preço na venda do produto.

Benefícios Globais

Não é só o agricultor que ganha com as tecnologias digitais no campo. Além do benefício óbvio de termos mais alimentos garantindo a preservação ambiental, existem muitas outras vantagens do uso da tecnologia que irão impactar a agricultura e a sociedade de maneira geral. Alguns exemplos:

- Insumos de melhor qualidade: A tecnologia não será utilizada apenas na produção, mas também na pesquisa e no desenvolvimento de insumos. A digitalização das avaliações e dos processos que até então eram manuais e empíricos

revolucionará o melhoramento genético e a validação de insumos aumentando a quantidade e a qualidade das inovações que estarão disponíveis para o agricultor.

- Rastreabilidade e garantia de qualidade para consumidor: Assim como os dados estarão disponíveis para melhorar a gestão na agricultura, eles também estarão disponíveis para quem quiser confirmar a qualidade do produto. Muitos mercados já fazem isso de maneira eficiente, mas com muito investimento envolvido, a tecnologia irá tornar essa dinâmica praticamente automática, facilitando a expansão desta rastreabilidade para praticamente todos os produtos agrícolas.
- Valorização da mão de obra no campo: O salário de qualquer funcionário normalmente é definido pela quantidade de valor que ele pode gerar ao exercer suas atividades de forma eficiente. Na agricultura isso não é diferente. Acontece que, com a tecnologia, o valor que o funcionário é capaz de gerar aumenta e, com isso, deve-se aumentar os respectivos salários. Uma máquina que, se bem utilizada, é capaz de economizar centenas de milhares de reais por dia merece um operador bem pago. Isso faz com que a sucessão do campo aumente, o êxodo rural seja interrompido e a qualidade de vida no campo e no interior evolua.
- Aumento geral do conhecimento agrícola: Ao digitalizar a agricultura, a mesma passará a usufruir dos benefícios da acessibilidade e da cooperação. As informações estarão disponíveis para que possamos comprovar hipóteses e testar inovações. A ciência agrônômica nunca esteve tão munida de informações. Cada pedaço de lavoura será como um novo experimento e os dados poderão ser estudados, analisados e interpretados por todo o mundo, evoluindo exponencialmente o conhecimento que temos hoje sobre a agricultura.

Perspectivas

Muito do que foi falado neste capítulo pode ser visto mais como possibilidade do que como realidade, mas muito já está sendo praticado, ainda que em pequena escala. No entanto, não há dúvidas de que seguiremos o caminho da transformação digital também na agricultura e as novas tendências prometem causar um impacto ainda maior do que já estamos vendo hoje.

Com as tecnologias, os sensores e os processadores cada vez mais eficientes, seremos capazes de atuar em uma resolução ainda maior, o tratamento não será apenas “localizado”, mas sim “individualizado” no nível de planta. A precisão só tende a aumentar.

O tempo entre o monitoramento e a decisão também será reduzido, as recomendações serão mais automáticas e quando não forem feitas de forma instantânea pela máquina (como, por exemplo, o sensor que identifica a planta e já decide acionar a aplicação) serão feitas através de algoritmos em nuvem que proporcionarão a resposta de forma instantânea, ficando cada vez mais inteligente na medida em que novas informações são proporcionadas.

Com o tempo, mais informações históricas serão armazenadas e mais a variabilidade temporal será considerada. Isso faz com que as previsões fiquem cada vez mais assertivas e a possibilidade da criação de “gêmeos digitais” na agricultura se torne realidade. Isso significa que conseguiremos prever com precisão todos os resultados de nossas ações antes mesmo de executá-las, da mesma forma que um engenheiro modela um avião e o testa de forma digital antes de construí-lo, reduzindo drasticamente o risco.

Uma agricultura mais “industrial”, em que todas as entradas e saídas possam ser controladas, com menos erros e maior eficiência. Esse é o grande benefício que as tecnologias digitais estão trazendo para o agronegócio.

6) Agro 4.0, empreendedorismo inovador e a inovação em modelos de negócios

Marcos Vinícius de Souza, José Henrique Videira Menezes

Introdução

O novo contexto internacional de crescente exigência dos consumidores por produtos sustentáveis e seguros, verificado atualmente também no Brasil, tem gerado o surgimento de novas legislações e regulações, pressões por transparência ao longo da cadeia global de alimentos, aumento da competição internacional, ao mesmo tempo que a crescente população mundial demanda cada vez maiores volumes de produção. A pressão por ganhos de competitividade — e até sobrevivência — por parte dos pequenos e médios produtores representa um grande desafio.

Nesse sentido, a inovação em modelos de negócios — viabilizados também na agroindústria pela queda dos preços em sensores, atuadores, robótica, armazenagem e processamento de dados, inteligência artificial, entre outros fatores — figura como significativa alternativa para a difusão da produtividade e competitividade entre pequenos e médios produtores rurais. As barreiras de entrada em muitos nichos, seja para fornecedores de tecnologias ou adotantes, foram reduzidas significativamente.

A importância da inovação em modelos de negócios fica ressaltada em estudos que apontam que até tecnologias inferiores comercializadas

a partir de bons modelos de negócios possuem maiores chances de êxito do que excelentes tecnologias levadas a mercado por modelos de negócio ruins (CHESBROUGH, 2010).

Novos modelos de negócios e servitização

Apesar do termo *modelo de negócios* ter se popularizado em anos recentes, não há um conceito acadêmico consensual (Tell *et al.*, 2016). Verificam-se várias definições possíveis; alguns consideram como a narrativa de uma organização empresarial (MAGRETTA, 2002), outros como processos que transformam produtos em valor (CHESBROUGH; ROSENBLOOM, 2002), outros ainda como uma ferramenta conceitual contendo um conjunto de objetivos, conceitos e suas relações com o objetivo de expressar a lógica de negócios de uma firma (OSTERWALDER *et al.*, 2005). O fato é que se trata de algo que parte de uma perspectiva de sistemas para descrever na prática como as empresas geram valor.

O Business Model Canvas, desenvolvido por Osterwalder e Pigneur (2010), propôs um instrumento relevante para compreender e comunicar bem um modelo de negócios. Os autores dividiram o desafio em nove blocos, sendo: (i) Tipos de clientes que a instituição quer atender, (ii) Proposição de valor que soluciona os problemas do cliente e satisfaz suas necessidades, (iii) Canais usados para comunicar e entregar as proposições de valor aos clientes, (iv) Relacionamentos estabelecidos e mantidos com cada tipo de cliente, (v) fontes de receita resultantes de cada proposição de valor para cada tipo de cliente, (vi) recursos-chave necessários para entregar as proposições a cada tipo de cliente, (vii) atividades-chave para realizar e apoiar a criação e entrega das proposições de valor, (viii) Parceiras-chave necessárias para realizar e apoiar a criação e entrega das proposições de valor, e (ix) Estrutura de custos decorrentes de todas as atividades e recursos realizados para criação e entrega das proposições de valor.

Frankenberger *et al.* (2013), por sua vez, dividiram em quatro fases o processo de inovação em modelos de negócios, partindo do entendimento da necessidade de inovação, depois a fase de ideação para criar possíveis soluções e alternativas, passando pela etapa de integração que visa elaborar e desenvolver as possibilidades promissoras identificadas na fase anterior, e, por fim, a fase de implementação para levar a solução ao mercado.

Indiferentemente do conceito ou abordagem adotada, a questão essencial é que a forma com que empresas se relacionam com seus clientes mudou; interações esporádicas de venda de produtos estão sendo substituídas por serviços personalizados, de baixo custo de transação e permanentes. Trata-se da tendência da “servitização”, migrando os negócios tradicionais para plataformas de serviços.

Estudos demonstram também de que forma as cadeias globais de valor de alimentos se desenvolvem a partir das contribuições de modelos de negócios inovadores. Os resultados apontam como principais fatores de influência para as estratégias de maior sucesso no mercado de alimentos a inovação em proposição de valor, processos de geração de valor e os processos de entrega de valor dos modelos. Na sequência de relevância na inovação em modelos de negócios, encontram-se as novas tecnologias em si e os fatores ambientais. Por fim, os achados apontam que a digitalização promoveu uma disrupção nos modelos de distribuição de alimentos; o e-commerce e internet das coisas (IoT) são identificados como fatores fundamentais pressionando os varejistas para que inovem em seus modelos. De igual modo, as demandas dos consumidores e a qualidade dos produtos representam dois fatores essenciais que afetam os modelos de negócios das empresas que operam na cadeia de suprimentos de alimentos, independentemente de em que elo da cadeia possam atuar (NOSRATABADI *et al.*, 2020).

No coração deste processo irreversível, encontra-se a quantidade sem precedentes de dados sendo gerada, especialmente via dispositivos de IoT. Em 2019, o mundo já havia gerado 18,3

zetabytes de dados — em 2025, estima-se que este valor atinja 73,1 zetabytes disponibilizados a partir de 55,7 bilhões de dispositivos de IoT (IDC, 2020). A inteligência que pode ser gerada a partir dessas grandes bases de dados abre oportunidades ainda maiores ao empreendedorismo inovador, inclusive no agronegócio. De igual modo, grupos tradicionais do campo, brasileiros ou internacionais, estão sendo forçados a reinventar seus produtos para a lógica de serviços de modo a permanecer no mercado. A pressão pela sustentabilidade também é crescente.

Modelos inovadores no agro: mudanças na dinâmica empresarial e exemplos no Brasil e exterior

De modo a contextualizar a dinâmica recente, a Tabela 1 exemplifica alguns modelos de negócios tradicionais e modelos inovadores relacionados ao agro.

Tabela 1. Exemplos dos principais tipos de modelos de negócios.

Modelos de negócios tradicionais*	
Franquias	McDonald's, Giraffas
Multimarcas	JBS, BRF, Cargill
Cooperativas	COAMO, Aurora, Fonterra
Assinatura	Vivo, Claro
Integração vertical	General Mills, Bunge
...	
Modelos de negócios inovadores*	
Platform-as-a-Service (PaaS)	Climate Fieldview, Agrosmart, Hwy Haul
Software-as-a-Service (SaaS)	Bart Digital, Addlog
Crédito inteligente	Gira, Nagro, Agrolend, Terra Magna
E-commerce / Marketplace	Karavel, Agrobee, Agrofy
Inteligência de dados	Strider, BrainAg, Agointeli, Scicrop

Economia de compartilhamento	Allugro, Tracktoor, Plantecom
Franquias multimodelo	Atlantis Agro Science, Goplan
Máquinas como serviços	Geocom/Natutec, Sardrones, Blue River Technology

*as empresas podem se enquadrar em mais de um modelo tradicional e/ou inovador.

Fonte: Elaboração dos autores.

Interessante notar que, por trás desse processo, está o fato de que as startups do agro captaram mundialmente em 2020 nada menos do que US\$ 26,1 bilhões em investimentos, um crescimento de 15,5% em relação ao ano anterior. Foram 2.707 investimentos realizados em startups agritech no período (AGFUNDER, 2021).

Nota-se que algumas grandes corporações tradicionais do agro já fazem parte de um crescente movimento corporativo para acelerar suas capacidades de inovação, seja via corporate venture capital, aquisições, iniciativas orgânicas ou ainda outros arranjos que favoreçam o empreendedorismo inovador. Já em 2011, as empresas Monsanto e Bayer, por exemplo, fizeram aquisições em agricultura de precisão e biotecnologia, como a Climate Corporation/FieldView (2013, representando o primeiro unicórnio do agro). A IBM, por sua vez, adquiriu a Weather Company em 2015. A John Deere, em 2017, comprou a startup de robótica Blue River Technology. No Brasil, em 2018, a Syngenta adquiriu a startup Strider de monitoramento de lavouras; em 2020, o Santander comprou a agtech Gira e a Koppert a Geocom/Natutec. A Serasa Experian, por sua vez, realizou em 2021 a aquisição da Brain Agriculture (FIGUEIREDO *et al.*, 2021; AGFUNDER, 2021).

Segundo o Radar Agtech 2020/2021, o Brasil já possui mais de 1.500 startups no agro, além de 20 hubs de inovação para o agro (SP Ventures-EMBRAPA, 2021). Com agilidade e uma visão voltada para a experimentação e adaptação, listam-se aqui alguns exemplos — internacionais e brasileiros — de tecnologias, abordagens ou modelos

de negócios inovadores praticados por alguns dos empreendedores promovendo disrupção em seus mercados.

A startup **Agrolend** atua como uma *agfintech* para crédito rural, focada em produtores de médio porte. Com crescimento significativo, em 2022 captou R\$ 120 milhões em investimentos. Seu modelo para concessão de crédito é simples e digital: basta o produtor fazer um cadastro, assinar o contrato e fotografá-lo. Tudo no celular. O modelo é focado no financiamento para insumos e ainda no produtor como pessoa física, incorporando uma característica frequentemente encontrada na agropecuária brasileira (FOLHA DE SÃO PAULO, 2022).

Atuando também em crédito, a **Nagro**, por sua vez, captou R\$ 64 milhões em 2021. A empresa utiliza big data e ferramentas de inteligência de dados para reduzir a assimetria de informações entre o produtor e a cadeia do agro, envolvendo desde revendedores de pequeno porte, cooperativas, indústrias de insumos, empresas globais e *tradings*, reduzindo assim o risco das operações de financiamento e por consequência seus custos. A organização já atende as culturas de soja, café, pecuária de corte e leiteira, hortifruti, entre outras (STARTUPI, 2021).

Ainda na área de crédito, pode-se citar a **TerraMagna**, que anunciou em 2022 R\$ 220 milhões de investimentos em uma rodada liderada pelo grupo japonês Softbank. Seu modelo utiliza fontes de dados alternativas e muda a forma como o crédito é subscrito, concedido e contratado no agro, transferindo riscos e gerando benefícios tanto aos investidores como os produtores (EXAME, 2022).

Outra área de grande potencial e tendência para múltiplos setores é a da economia compartilhada, intimamente ligada à servitização. A *agtech* **Alluagro** permite o compartilhamento de máquinas agrícolas, tanto para quem já possui por exemplo um trator ou um implemento, como para quem quer somente contratar um determinado número de horas de uso do equipamento. Assim, um produtor com alguma

ociosidade, poderá lucrar com o empréstimo temporário do bem e o contratante do serviço não precisará adquirir uma máquina que não usaria em sua plena capacidade — além de não ter que se preocupar com depreciação, por exemplo (ALLUAGRO, 2022).

Reduzindo burocracia e custos de transação ao produtor, pode-se citar a **Bart Digital**, que permite registros eletrônicos de cédula de produto rural (CPR), títulos e garantias agrícolas, sem que o produtor tenha que sair da fazenda. Sua plataforma, que atua também como *Software as a Service* (SaaS), permite solicitações esporádicas de registros em centrais registradoras e cartórios, busca de certidões, parametrização de minutas, coleta digital de assinaturas, relatórios de conformidade socioambiental, entre outros serviços customizáveis (BART DIGITAL, 2022).

Também na área de inteligência, destaca-se a BrainAg, startup que recebeu investimentos da Serasa Experian e que oferta serviços com funcionalidades como o Farmcheck, consultas online de 3 minutos que fornecem um dossiê eletrônico ao produtor a partir de uma checagem de protestos, conformidade socioambiental, certidões estaduais e federais, dados de uso de solo, qualificação e monitoramento de garantias, entre outros dados relevantes, simplificando a burocracia ao produtor e àqueles atores que com ele queiram fazer negócios (BRAINAG, 2022).

A **Agrointeli**, por sua vez, startup brasileira de inteligência de dados focada em pequenos e médios produtores, conta com investidores-anjo da Bossa Nova e Anjos do Brasil. Já operando em outros países também, a empresa centraliza, integra e organiza diversos dados em um sistema com acesso simples ao produtor, permitindo gestão estratégica, automatização e otimização de processos, seja para o controle fitossanitário, gestão de equipe ou da lavoura. A empresa integra dados de máquinas agrícolas, imagens de satélites, sensores, estações meteorológicas, entre outros (AGROINTELI, 2022).

Também na área de inteligência de dados, pode-se citar a **SciCrop**, que já conta com 2,5 milhões de hectares atendidos. Especializada

em analytics e integração de dados aos produtores e às cadeias relacionadas ao agro, suas soluções via serviços oferecem melhor performance em termos de produtividade, otimizam custos de insumos e implementos agrícolas, prediz e mitiga impactos climáticos, além de permitir melhor aproximação entre os atores da cadeia produtiva. A empresa também está desenvolvendo soluções de NFT para áreas rurais preservadas, gerando potencial fonte de renda financeira aos produtores que mantiverem intocadas áreas que poderiam legalmente abrir (SCICROP, 2022).

No tema de irrigação de precisão, destaca-se a **Agrosmart**, com suas soluções operando em mais de 48 milhões de hectares, 90 culturas e 100.000 produtores. São serviços como o Pluviômetro Digital, que permite monitoramento em tempo real de radiação solar, precipitação, umidade, temperatura, velocidade e direção do vento, evapotranspiração, ponto de orvalho, entre outros indicadores, geram recomendação de onde e quanto irrigar e uma economia de até 60% de água, 40% de energia elétrica, além de insumos. Os ganhos de produtividade estimados ao produtor superam 20% (AGROSMART, 2022).

Em nichos mais específicos, pode-se citar a **Agrobee**, focada em polinização assistida e inteligente, já que mais de 70% dos cultivos agrícolas dependem em maior ou menor grau da polinização realizada por abelhas. A startup aluga colmeias na época de florada visando o aumento de produtividade dos clientes e da qualidade dos alimentos. Já se verificam ganhos de produtividade da ordem de 17% em café, 20% em soja e 60% em abacate (AGROBEE, 2022).

Na área de *climate techs*, existem startups como a **BRCarbon**, atuando para a conservação florestal e restauração ecológica. A empresa usa tecnologia para direcionar recursos financeiros do mercado de crédito de carbono para viabilizar soluções climáticas naturais. Com uso intensivo de tecnologia e certificações internacionais, a startup viabiliza e acelera os projetos de carbono, mitigando e reduzindo as emissões

de gases de efeito estufa, além de promover prevenção e combate a incêndios florestais (BRCARDON, 2022).

Para acesso a mercados e comércio exterior, destaca-se a startup **Karavel**, uma trading digital que simplifica o processo de exportação e importação de alimentos. Com uma plataforma com mais de 6.000 exportadores e importadores qualificados e mais de R\$ 7 bilhões em negociações, a startup simplifica o processo para o agricultor cadastrar seu produto a ser retirado em sua propriedade (“FOB Fazenda”), já incluindo de forma automatizada os custos de documentação, frete rodoviário, despesas portuárias, frete marítimo, entre outros. A plataforma da Karavel agrega todos esses custos em tempo real e cria uma oferta internacional, que é divulgada a todos os compradores parceiros no exterior. O próprio sistema avalia o melhor modal logístico, converte câmbio, entre outros processos que são automatizados, ficando o foco do produtor dedicado à lavoura (KARAVEL, 2022; AGROLINK, 2022). Ainda na área de promoção do comércio exterior, verifica-se um crescente número de startups surgindo no Brasil, como, por exemplo, Logcomex, Navalport, Argonáutica, Tidewise, i4sea, Blueopex, entre outras.

Outra área também muito promissora é o das startups voltadas para eficiência logística que beneficia o agronegócio, como a **Azship** (contratação de frete), **Addlog** (focada em monitoramento e gestão de frotas automatizado), **Agropackingsolutions** (rastreadabilidade dos produtos para redução de roubos de insumos), **Awarelog** (logística inteligente para grandes embarcadores), **Cargon** (operador logístico digital), **Omniturn** (logística reversa), **Closin** (paletes 4.0), **Procer** (armazenagem de grãos), **Lebenlog** (bem-estar animal no transporte), entre muitas outras (FIGUEIREDO *et al.*, 2021).

No exterior, chama a atenção também o grau de especialização e nichos encontrados pelas empresas. A startup israelense **Hargol Food Tech** está liderando a inovação no ramo de novas fontes de proteínas, mais especificamente a partir de gafanhoto em pó, que possui 72% de conteúdo de proteína, todos os aminoácidos essenciais, além de não

possuir gordura saturada ou colesterol, de requerer processamento mínimo e possui baixo uso de água e representar uma agricultura vertical e “zero-lixo” (HARGOL, 2022).

Visando resolver um problema recorrente em muitas cadeias de valor — e em especial no agro — a americana **Hwy Haul** desenvolveu um modelo inovador de plataforma digital de fretes especializada em produtos frescos. A partir do mapeamento de dados relativos ao contexto de mais de 40.000 varejistas e 500.000 caminhões refrigerados nos EUA, a startup criou uma solução de marketplace focada em organizar e otimizar esse complexo mercado de distribuição, trazendo inovações como preço e agendamento instantâneo, monitoramento de temperatura no embarque, algoritmos de roteirização logística, previsão de atrasos, entre outras características que reduzem preço e aumentam a satisfação dos clientes (AGFUNDER, 2022).

Pode-se citar também uma área de forte disrupção na pecuária, os modelos de negócios baseados em “carne celular”. Trata-se de uma evolução significativa dos já conhecidos alimentos à base de proteína vegetal, uma vez que esses novos modelos não imitam sabores, mas são efetivamente proteína animal, só que gerada em laboratório e sem terem passado por um ser vivo. Estudos apontam que esse novo nicho – que já pode ser viável comercialmente em 2030 — permite significativos ganhos em termos de sustentabilidade, reduzindo os impactos ambientais em 17% para frango, 52% para carne suína e 85% para carne bovina, além de reduzir em até 95% a área necessária para cultivo (GFI, 2021). Destacam-se neste campo startups como as americanas **Eat Food**, **Upside Foods**, **Mission Barns** e **BlueNalu**, a britânica **Mosa Meat**, a japonesa **IntegriCulture** e a israelense **Aleph Farms** (esta última havendo recebido em 2021 um aporte de U\$ 2,5 milhões pela Brasil Foods).

Esses são somente alguns exemplos brasileiros e estrangeiros de modelos de negócios inovadores no agronegócio desenvolvidos a partir de novas tecnologias, que, quando combinadas, integram o paradigma do Agro 4.0.

Plataformas e ecossistemas: integração para a difusão do Agro 4.0

Apesar das inúmeras vantagens que soluções inovadoras podem trazer aos produtores, há também algumas limitações inerentes a esses modelos. Um primeiro ponto é a dificuldade das startups de validarem suas soluções em um número significativo de clientes e posteriormente ganharem escala. Sob a ótica do produtor — muitas vezes operando através de um modelo tradicional e frequentemente familiar — nota-se o desafio de adotar uma solução inovadora.

Se a empresa de A de crédito para insumos possui um sistema proprietário, a empresa B possui seu aplicativo para irrigação de precisão, se o trator da fabricante C opera fora do sistema métrico, os contratos inteligentes do varejista requerem entrar em uma rede privada virtual específica dele, se a transportadora D sequer atua com sistema informatizado, e assim por diante, como o produtor conseguirá operar em meio a tantas especificidades, desafios de interoperabilidade e custos de transação? Como efetivamente será possível tirar valor de modelos inovadores, especialmente no caso de pequenos e médios produtores?

A resposta para essa pergunta pode estar em modelos de negócios baseados em economia de plataforma, que é a utilização de tecnologias digitais para promover interações sociais, políticas e de negócios que podem acontecer entre pessoas, entre coisas e entre pessoas e coisas (KENNEY; ZYSMAN, 2016; SHATKIN, 2022). Essas interações geram valor porque facilitam a conexão entre os participantes e acontecem de forma rápida, com alta replicabilidade e baixo custo. Tais características permitem que fornecedores ofereçam soluções para um grande número de usuários e com interoperabilidade (XUE *et al.*, 2020). Exemplos dessas plataformas digitais incluem a Amazon, AirBnb, Uber, dentre muitas outras que cresceram aceleradamente graças ao efeito de rede, ou externalidades de rede, em que a utilidade e atratividade de uma tecnologia (no caso as plataformas digitais) é maior conforme aumenta a base de usuários

(KATZ; SHAPIRO, 1985). Isso ocorre porque a plataforma se torna mais atrativa ao beneficiar usuários atuais e novos com reduções de preços, menor incerteza sobre o funcionamento da tecnologia, criação de comunidades de usuários e novas oportunidades de negócio para novas empresas (DEW; READ, 2007).

As plataformas podem ser uma grande aliada para a digitalização do agronegócio porque possibilitam agregar diferentes soluções e tecnologias (IoT, drones, sensores, nuvem, big data etc.) em um mesmo espaço digital (KOLMYKOVA *et al.*, 2021), além de serem um canal poderoso de acesso a mercado para empresas e de confiabilidade para agricultores interessados na adoção dessas inovações.

Existem diferentes tipos de plataformas disponíveis para apoiar o setor agropecuário, principalmente em países em desenvolvimento. Duncombe e Ezeomah (2019) classificam quatro tipos de plataformas digitais baseadas na cadeia de valor da agricultura:

- Plataformas de *crowdsourcing*: geram valor ao agregar grande número de participantes que contribuem para diversos objetivos como obtenção de recursos financeiros, investimentos, informações de preços ou respostas a dúvidas dos agricultores.
- Plataformas de comercialização: conectam compradores e vendedores em *marketplaces* virtuais onde são apresentadas informações de preço e divulgação de produtos.
- Plataformas de extensionismo: permitem que agricultores se conectem com especialistas (extensionistas) à distância para receberem recomendações ou que os próprios extensionistas acessem plataformas para obterem informações, treinamento e coleta de dados para uma melhor recomendação aos usuários.
- Plataforma de gestão de fazenda: ajuda na tomada de decisão dos agricultores oferecendo informações de gestão e técnicas relacionadas a região, solo, clima, tipo de negócio etc.

A união de plataformas com modelos de negócio inovadores tem grande potencial para acelerar a difusão de inovação dentro do setor agropecuário porque permite reduzir uma das principais barreiras para adoção: a incerteza sobre as vantagens e desvantagens da solução inovadora. Rogers (2003) define um processo para tomada de decisão de inovação em que pelo menos três etapas podem ser aceleradas por modelos de negócio criativos e o uso de plataformas: conhecimento, persuasão e decisão.

O primeiro estágio é o de conhecimento, em que o potencial usuário descobre o que a inovação é e como funciona. Neste ponto, as plataformas podem oferecer uma ampla gama de ofertas de soluções antes desconhecidas para o agricultor.

O segundo estágio é o de persuasão, no qual questões mais afetivas e emocionais atuam na tomada de decisão. É o momento para reduzir incertezas sobre o funcionamento da solução e onde a opinião de colegas e especialistas têm grande importância. Plataformas conseguem usar canais digitais para viralizar informações de forma rápida e o usuário pode acessar grande volume de opiniões e comentários de quem já adquiriu a solução anteriormente, gerando uma atitude mais positiva para adoção da tecnologia.

Finalmente, o terceiro momento é a escolha sobre a adoção ou rejeição da inovação. Nesta fase, os modelos de negócio inovadores das empresas geram grande vantagem porque podem incluir modelos freemium (gratuitos por determinado período ou com funcionalidades limitadas), pagamento por serviços ao invés de aquisição definitiva, dentre outras. A criatividade dos modelos pode ter grande impacto porque reduz o risco, diminui o investimento inicial, o processo de aquisição é facilitado e, em caso de insatisfação, o usuário pode facilmente descontinuar o uso.

Outra perspectiva é que a digitalização, aliada a sistemas abertos e interoperáveis, bem como soluções simples como APIs, ISOBUS, *Shapefile* ou ainda contratos inteligentes viabilizados por *blockchains* abertas, passam a permitir integrar com maior facilidade os inúmeros

atores, mas tal processo demanda visão estratégica e persistente engajamento ao longo das cadeias, que pouco a pouco vão se tornando ecossistemas à medida que as fronteiras entre os parceiros vão se fundindo e a interdependência aumentando.

O que a princípio pode ser percebido como algo negativo, como o aumento da dependência de outros atores, na verdade, o estabelecimento de plataformas e ecossistemas amplos e com múltiplas empresas permite redução do custo para captação e retenção de clientes (uma vez que passa a ter uma solução única que resolve várias de suas dores), amplo acesso a bases de dados — e maior capacidade de monetização a partir deles, entre muitos outros benefícios do que já se chama de Ecossistema 2.0 (MCKINSEY, 2020).

A consultoria global Accenture resume — conforme a Figura 1 —, ao longo da cadeia de valor, a migração da economia de produto para a economia de serviços até a economia das plataformas:



Fonte: Accenture (2021) (adaptado pelos autores).

Grandes *players* mundiais buscam inclusive conseguir projetar suas tecnologias e modelos em plataformas que possivelmente se tornem dominantes. A Indústria 4.0 já testemunha isso, com Siemens e a plataforma Mindsphere, General Electric com Predix, Microsoft com Azzure, IBM com Watson e assim por diante. No Agro 4.0, por sua vez, pode-se citar a Fieldview da Bayer, a Granular da Corteva, Telit sendo a opção da John

Deere etc. Nesse contexto, entende-se que quanto menos proprietárias e mais abertas forem as plataformas “vencedoras”, mais efetiva tenderá a ser a difusão do Agro 4.0, tanto no Brasil quanto no exterior.

Conclusões e perspectivas

Se, por um lado, os empreendedores demonstram todo o potencial das novas tecnologias levadas a mercado a partir de novos modelos de negócios, as agroindústrias e atores tradicionais do agronegócio precisam ganhar velocidade e adaptarem-se a partir da inovação aberta, cooperando em favor da competitividade via plataformas e ecossistemas integradores. Tecnologias como 5G irão somente acelerar a disrupção em todos os setores, inclusive no agronegócio.

Sabe-se que o produtor rural brasileiro, especialmente os de pequeno e médio porte, enfrentam muitos desafios para viabilizar sua integração ao paradigma do Agro 4.0. Como exemplo, pode-se citar o valor do investimento na aquisição de máquinas, equipamentos e aplicativos, problemas ou falta de conexão em áreas rurais, o valor para contratação de prestadores de serviços especializados, bem como a falta de conhecimento sobre quais as tecnologias são mais apropriadas a cada contexto (EMBRAPA, 2020).

Nesse contexto, entende-se que os empreendedores, bem como as empresas tradicionais já estabelecidas — justamente pelo fato desse conjunto de desafios ser significativo — devem dedicar considerável parte de seus esforços para implementarem e aprimorarem modelos de negócio efetivamente inovadores, levando a seus clientes alto valor de forma customizada e a partir de abordagens de serviços e utilizando de todo o potencial das plataformas.

Referências Bibliográficas

ACCENTURE, 2021. Disponível em: <https://www.accenture.com/us-en/blogs/industry-digitization/servitization-as-a-product-strategy>

AGFUNDER, 2021. AgFunder AgriFoodTech Investment Report. Disponível em: <https://research.agfunder.com/2021/2021-agfunder-global-report.pdf>

AGFUNDER, 2022. Disponível em: <https://agfunder.com/portfolio/hwy-haul/>

AGROBEE, 2022. Disponível em: <https://www.agrobee.net/>

AGROINTELI, 2022. Disponível em: <https://www.agrointeli.com.br/>

AGROLINK, 2022. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/karavel-conecta-agricultores-a-compradores-internacionais-em-mais-de-30-paises_426218.html

AGROSMART, 2022. Disponível em: <https://agrosmart.com.br/>

ALLUAGRO, 2022. Disponível em: <https://www.alluagro.com.br/>

BART DIGITAL, 2022. Disponível em: <https://www.bartdigital.com.br/>

BRAINAG, 2022. Disponível em: <https://www.brain.agr.br/>

BRCARBON, 2022. Disponível em: <https://brcarbon.com.br/>

CHESBROUGH, Henry (2010). “Business Model Innovation: Opportunities and Barriers.” *Long Range Planning*. 43 (2–3): 354–363.

DEW, N.; READ, S. (2007). The More We Get Together: Coordinating Network Externality Product Introduction in the RFID Industry, *Technovation* 27(10): 569–581

EMBRAPA. Retrato da agricultura digital brasileira, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/54770717/pesquisa-mostra-o-retrato-da-agricultura-digital-brasileira>.

EXAME, 2022. Disponível em: <https://exame.com/exame-agro/agritech-terramagna-recebe-aporte-de-r-220-milhoes-do-softbank/>

EZEOMAH, B.; DUNCOMBE, R. The Role of Digital Platforms in Disrupting Agricultural Value Chains in Developing Countries. 15th International Conference on Social Implications of Computers in Developing Countries (ICT4D), May 2019, Dar es Salaam, Tanzania. pp. 231-247.

FIGUEIREDO *et al.*, 2021. Relatório do Radar Agtech Brasil 2020/2021: Mapeamento das Startups do Setor Agro Brasileiro. Embrapa, SP Ventures e Homo Ludens: Brasília, 2021.

FOLHA DE SÃO PAULO, 2022. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2022/01/startup-de-credito-rural-capta-r-120-milhoes.shtml>

FRANKENBERGER, K.; WEIBLEN, T.; CSIK, M.; GASSMANN, O. (2013). “The 4I-framework of business model innovation: A structured view on process phases and challenges”, *International Journal of Product Development*, v. 18 No. 3, pp. 249-273.

- GFI, 2021. Disponível em: <https://gfi.org/blog/cultivated-meat-lca-tea/>
- HARGOL, 2022. Disponível em: <https://hargol.com/>
- IDC, 2020. Disponível em: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prAP46737220>
- KARAVEL, 2022. Disponível em: <http://www.karavel.trade/>
- KATZ, M. L.; SHAPIRO, C. (1985). Network Externalities, Companition and Compatibility, *American Economic Review* 75: 424–44
- KENNEY, M.; ZYSMAN, J. (2016). The Rise of the Platform Economy. *Issues in science and technology*. 32. 61-69.
- KOLMYKOVA, T. *et al.* 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 941 012008.
- MCKINSEY, 2020. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/ecosystem-2-point-0-climbing-to-the-next-level>
- NOSRATABADI, S.; MOSAVI, A.; LAKNER, Z. Food supply chain and business model innovation. *Foods*, v. 9, n. 2, p. 132, 2020.
- OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y. *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*. John Wiley & Sons, 2010.
- OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.; TUCCI, C. L. (2005) “Clarifying Business Models: Origins, Present, and Future of the Concept.” *Communications of the Association for Information Systems*: v. 16, Article 1. DOI: 10.17705/1CAIS.01601 Disponível em: <https://aisel.aisnet.org/cais/vol16/iss1/1>
- ROGERS, E. M. (2003). *Diffusion of innovations*. New York: Free Press.
- SCICROP, 2022. Disponível em: <https://scicrop.com/>
- SHATKIN, M. (2022). Digital Transformation and the Evolution of the Platform Economy. In M. Ertz (Eds.), *Handbook of Research on the Platform Economy and the Evolution of E-Commerce* (pp. 1-24). IGI Global.
- STARTUPI, 2021. Disponível em: <https://startupi.com.br/2021/12/startup-capta-r-64-milhoes-para-aumentar-oferta-de-credito-para-produtores-rurais/>
- TELL, J.; HOVESKOG, M.; ULVENBLAD, P.; ULVENBLAD, P. O.; BARTH, H.; STÅHL, J. (2016), “Business model innovation in the agri-food sector: a literature review.” *British Food Journal*, v. 118 n. 6, pp. 1462-1476. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/BFJ-08-2015-0293>

7) Agro 4.0: cases de implantação no Brasil e resultados

Isabela Mendes Gaya Lopes dos Santos, Ana Sofia Peixoto, Bruno Jorge Soares, Marcela Carvalho

Introdução

O agronegócio tem grande relevância econômica para o Brasil, com participação de 27,5% em 2021 no Produto Interno Bruto — PIB brasileiro (CEPEA/CNA, 2021). Apesar da relevância do Brasil no mercado global de alimentos, ainda existem grandes oportunidades de aumento da eficiência do processo produtivo por meio de produtividade, garantindo sua sustentabilidade. Segundo dados da FAO, estima-se que a demanda mundial por alimentos irá aumentar em até 70% até 2050, o que traz ainda mais desafios para o Brasil, uma vez que é um dos principais países exportadores de produtos agrícolas do mundo.

O papel da inovação passa a ser cada vez mais essencial frente a essas oportunidades de produtividade e sustentabilidade, além de colaborar com desafios relacionados às mudanças climáticas, pandemias, restrições de recursos naturais, segurança alimentar e outros.

Historicamente, o termo tecnologias 4.0 vem sendo utilizado na Indústria 4.0, no entanto, atualmente, essas tecnologias (como inteligência artificial — IA, internet das coisas — IOT, *big data*, *analytics*, geolocalização, robótica, entre outras) são adotadas em diversos setores, como é o caso do agronegócio.

Alguns exemplos de aplicação de tecnologias 4.0 no agronegócio incluem: a irrigação inteligente (sensores e softwares que irão avaliar a umidade do solo, o clima e indicar a quantidade certa de água), a pulverização inteligente (por meio de adaptação de hardwares em máquinas pulverizadoras que identificam o local adequado para a aplicação, eliminando a necessidade de aplicação de químicos em área total), identificação de pragas inteligente (armadilhas inteligentes e sistemas de inteligência artificial que classificam a praga e indicam ações), máquinas agrícolas inteligentes (por meio de sensoriamento e sistemas que permitem, por exemplo, o monitoramento do equipamento e suas atividades), pesagem inteligente de gado, definição de melhor momento de abate, entre outras.

Em 2017, o BNDES publicou um estudo que buscou realizar um diagnóstico e propor políticas públicas no tema Internet das Coisas para o Brasil, considerando critérios como demanda, oferta e capacidade de desenvolvimento de soluções, sendo que a rural ficou entre as quatro verticais prioritárias. Segundo BNDES (2017), as principais aplicações de IOT no ambiente rural são:

- uso eficiente de recursos naturais e insumos: monitoramento meteorológico, monitoramento do solo, gestão da produção, gestão da irrigação, mapeamento de terreno e rastreabilidade da produção;
- uso eficiente do maquinário: gestão de desempenho de máquinas, remanejamento dinâmico de ativos, otimização de rotas do ciclo produtivo, controle de pulverizações e aplicações, monitoramento de estoques;
- segurança sanitária e bem-estar do animal: gestão de pragas, monitoramento de incêndios, monitoramento de localização e comportamento, monitoramento da saúde e do bem-estar animal, rastreabilidade de vacinas e medicamentos,

monitoramento da qualidade do leite, gestão de dejetos animais;

- produtividade humana: gestão da produção e monitoramento dos trabalhadores.

Estima-se que até 2030, a IoT possa habilitar até US\$ 12,6 trilhões em valor globalmente, incluindo o valor capturado por consumidores e clientes de IoT em produtos e serviços (MCKINSEY, 2021). No que se refere à gestão da produção agrícola, a estimativa é de US\$ 250 a US\$ 520 bilhões. Os agricultores podem ser capazes de melhorar o rendimento entre 15% e 20% com o uso de tecnologias IOT.

As tecnologias digitais têm um alto potencial para permitir o desenvolvimento do setor agrícola, remodelar significativamente as cadeias de valor de alimentos e contribuir muito para sistemas alimentares mais produtivos, resilientes e transparentes (FAO, 2021). No que diz respeito às tecnologias digitais, uma pesquisa realizada recentemente pela EMBRAPA apontou que 84% dos agricultores brasileiros já utilizam ao menos uma tecnologia digital como ferramenta de apoio na produção agrícola (EMBRAPA, 2020).

Muitas são as oportunidades e os desafios para a implantação de tecnologias 4.0 no setor agropecuário. Este capítulo tem o objetivo de apresentar casos práticos da aplicação de algumas destas tecnologias no setor, abordando a problemática, os objetivos, uma breve descrição da solução e de alguns resultados.

Contexto de implantação

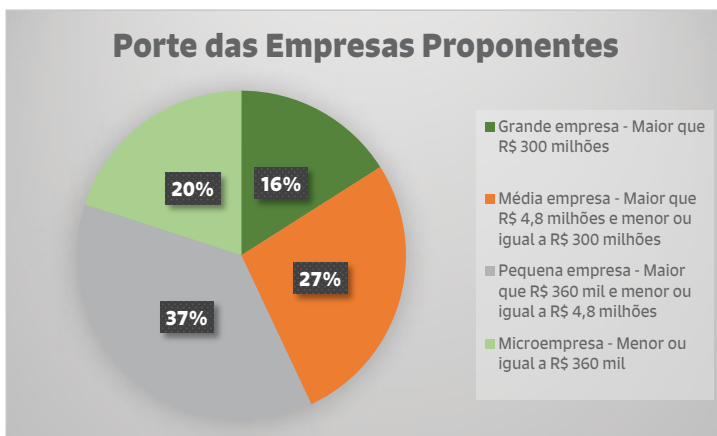
Os casos reportados neste capítulo fazem parte do Programa Agro 4.0, da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), que visa estimular e fomentar a adoção e a difusão de tecnologias 4.0 no agronegócio, com foco no aumento de eficiência, de produtividade e/ou na redução de custos. É uma iniciativa em parceria com Ministério

da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Ministério de Ciência e Tecnologia (MCTI) e Ministério da Economia (ME), sendo uma das iniciativas da Câmara do Agro 4.0.

O 1º Edital do Programa, lançado em Set/2020, selecionou e premiou 14 projetos pilotos de adoção e de difusão de tecnologias 4.0 no agronegócio, focadas em aumento de eficiência, de produtividade e redução de custos. O objetivo é colaborar com produtores/agroindústrias no processo de adoção de tecnologias 4.0 e disseminar os aprendizados e resultados obtidos com os cases demonstradores. A seguir, um perfil das 100 propostas recebidas:

- 64% das fazendas/agroindústrias que submeteram projetos são de pequeno e grande porte (classificação BNDES de Renda Operacional Bruta Anual) (Figura 1).

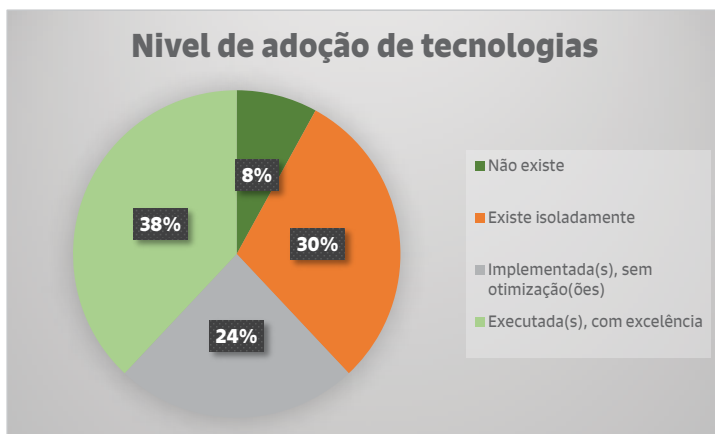
Figura 1: Perfil das fazendas/agroindústrias (porte de empresas).



Fonte: ABDI (2020).

- 54% das fazendas/agroindústrias que submeteram projetos consideravam que a adoção de tecnologias 4.0 em sua unidade está implantada sem otimizações ou existe isoladamente (Figura 2).

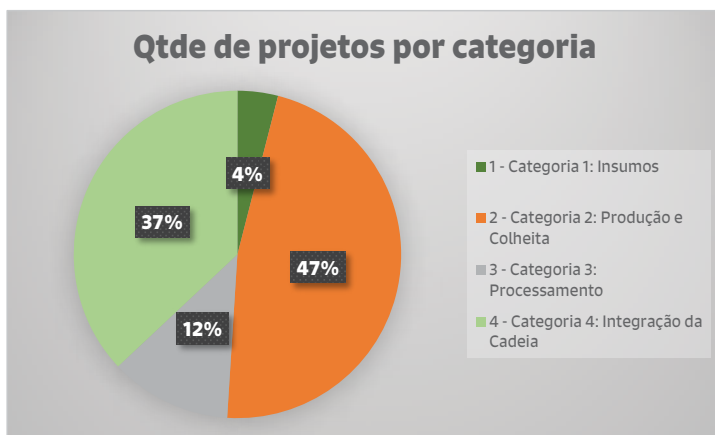
Figura 2: Perfil das fazendas/agroindústrias (nível de adoção de tecnologias 4.0).



Fonte: ABDI (2020).

- 47% das propostas foram submetidas na categoria de “Produção e Colheita” (Figura 3).

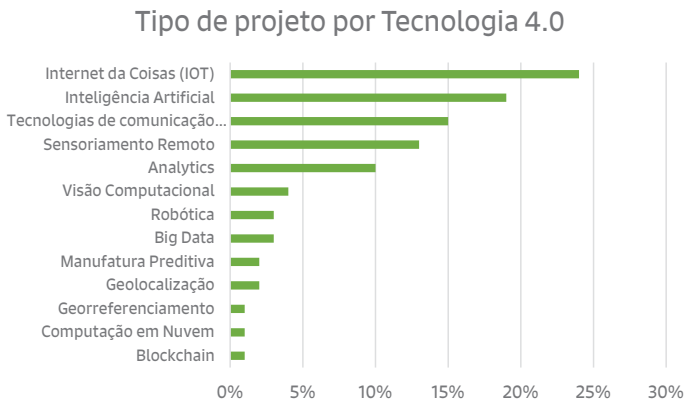
Figura 3. Perfil das fazendas/agroindústrias (categoria de aplicação).



Fonte: ABDI (2020).

- IOT e IA foram as tecnologias 4.0 mais escolhidas para a adoção, representando juntas 43% das propostas (Figura 4).

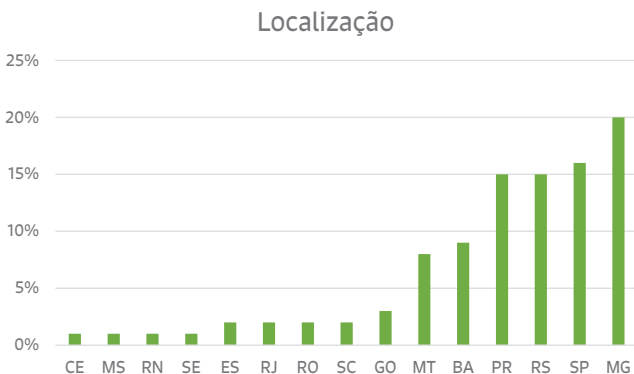
Figura 4. Perfil das fazendas/agroindústrias (tipo de tecnologia 4.0).



Fonte: ABDI (2020).

- Todas as regiões submeteram propostas ao edital, em 15 estados, sendo sul e sudeste as regiões que mais submeteram propostas (Figura 5).

Figura 5. Perfil das fazendas/agroindústrias (tipo de tecnologia 4.0).



Fonte: ABDI (2020).

Descrição dos cases e alguns resultados

Esta seção apresenta uma descrição de alguns casos realizados, com os resultados preliminares reportados (Tabela 1). Estes projetos tiveram, em média, um prazo de sete meses de implantação. Alguns casos serão apresentados nos próximos capítulos do livro.

Tabela 1. Descrição de alguns cases e resultados preliminares.

Nome da iniciativa	Descrição	Tecnologia(s) 4.0 envolvida(s)	Estado de aplicação	Alguns resultados (estudo de caso)
Pulverização inteligente	A solução utiliza sensores adaptados aos pulverizadores que identificam plantas vivas e pulverizam somente sobre elas.	Sensoriamento remoto	GO - Fazenda milho/soja	<ul style="list-style-type: none"> * Redução de 70% no uso de herbicidas em geral. * Redução de 20% no uso de desfolhante na cultura da soja. * Redução de 30% no uso de inseticida na cultura do milho.
Irrigação inteligente	<p>A solução é composta de sensores em campo, alimentados com energia fotovoltaica, de umidade do solo, que transmitem os dados coletados através de comunicação via rádio frequência para uma plataforma web que permite a análise dos índices de umidade e a configuração do tipo de solo e de cultura.</p> <p>A gestão personalizada condicional identificar a quantidade de água que cada tipo de solo pode reter e qual a demanda hídrica de cada tipo de plantio, elevando a qualidade e saúde dos solos e plantas, conforme as variáveis identificadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Internet das Coisas/ Sensoriamento Remoto * Inteligência Artificial e/ ou Visão Computacional * <i>Data Analytics</i> 	BA - Fazenda milho/soja	<ul style="list-style-type: none"> * Potencial real de redução de 30% na quantidade de água utilizada por cada um dos pivôs. * Potencial de redução de 30% de energia, com o uso da solução.

Nome da iniciativa	Descrição	Tecnologia(s) 4.0 envolvida(s)	Estado de aplicação	Alguns resultados (estudo de caso)
<p>Ponto ótimo de abate/Plataforma de inteligência de mercado para maximização de lucro de produtores e frigoríficos</p>	<p>A solução é formada por três inteligências: i) inteligência de algoritmos (performance animal, performance econômico e performance ambiental); ii) inteligência de mercado (avaliação especializada do comportamento do mercado e oportunidades de comercialização) e iii) uma inteligência Artificial (predição de peso-crecimento e avaliação autônoma por meio de um sistema de câmeras inteligentes para estimar o acabamento de gordura e hematomas nas carcaças). Uso em confinamento, mas solução também é aplicada a pastagem.</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Internet das Coisas/ Sensoriamento Remoto * Inteligência Artificial e/ ou Visão Computacional * <i>Data Analytics</i> 	<p>MS - Fazenda de criação de gado de corte e outros estados</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Aumento de quase 30% de lucratividade. * Tempo de confinamento: -24,44%. * Ganho @/cab: 5,45%.
<p>Sistema de suporte à decisão para controle de ferrugem de soja</p>	<p>A solução utiliza um equipamento que coleta uma amostra conhecida de ar e seus esporos em campo, permitindo uma análise em microscopia 90% mais veloz do que os coletores de esporos comuns. A análise é realizada utilizando um sistema de inteligência artificial com 85% de assertividade na identificação de esporos de ferrugem asiática da soja em condições complexas (lâminas carregadas de materiais), e associado a esse sistema um microscópio automatizado que permite a realização da análise da lâmina, identificação e contagem dos esporos sem requerer operador especializado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Internet das Coisas/ Sensoriamento Remoto * Inteligência Artificial e/ ou Visão Computacional * <i>Data Analytics</i> 	<p>RS - Fazenda de soja</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Redução de 22,6% no uso de fungicidas ou substituição por biodefensivos, pelo uso da informação dos dados do coletor de esporos.

Nome da iniciativa	Descrição	Tecnologia(s) 4.0 envolvida(s)	Estado de aplicação	Alguns resultados (estudo de caso)
Digitalização da cadeia do peixe	<p>A solução tem três componentes: i) o primeiro é um método semiautomatizado de identificação de lâminas piscícolas baseado em sensoriamento remoto, <i>geanalytics</i> e validação do mapeamento baseada em dados de campo; ii) o segundo componente é um <i>dashboard</i> para acesso aos dados geolocalizacionais de todas as lâminas piscícolas identificadas no estado; iii) o terceiro componente será um relatório apresentando o método analítico e uma estimativa da capacidade produtiva de cada microrregião para os próximos cinco anos. Há também a disponibilização de um aplicativo com os dashboards gerados, que inclui também sugestões de rotas para acesso às unidades mapeadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Geolocalização * Internet das Coisas/ Sensoriamento Remoto 	RO - frigorífico e distribuidor de pescados	<p>Aumento de 20% de fornecedores de peixe de seu portfólio, em uma das empresas que implantou a solução.</p>
Monitoramento de Câmara de Produção de Bioinsumos	<p>A solução baseia-se no uso de equipamentos de ambiente controlado e específico, com o uso de câmaras com isolamento térmico, controle de: temperatura, umidade, fotoperíodo, CO₂, circulação e renovação de ar, reservatório de água etc. Contendo sistema remoto em nuvem para os ajustes destes controladores e monitoramento de todos os sensores com alertas de situação crítica como exemplo: porta aberta, temperatura elevada, umidade desfavorável, falta de água, níveis elevados de CO₂ e muitos mais; possibilitando o ajuste online. Esta solução estima estabelecer hardwares e softwares de gestão da produção em ambiente controlado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Internet das Coisas/ Sensoriamento Remoto 	PR - Fazenda de criação de insetos (defensores biológicos)	<ul style="list-style-type: none"> * Aumento da capacidade populacional por câmara, incremento de 150%. * Ganhos de produção de ovos por fêmea com aumento de 100%. * Redução da mortalidade na criação de macrobiológicos de 20%. * Redução de 50% no uso de inseticida químico pela Semegrão com liberação de biodefensivo.

Nome da iniciativa	Descrição	Tecnologia(s) 4.0 envolvida(s)	Estado de aplicação	Alguns resultados (estudo de caso)
<p>Controle de dosagem de aditivos</p>	<p>A solução compreende a instalação de tanques de estocagem, flanges, válvulas mecânicas, bombas volumétricas, sensores de nível, medidores de vazão, Tubulação em polipropileno (PPR), Conexões PPR, Tubulação inox, Conexões inox, filtros de ar, válvulas solenoides, Bicos dosadores, Quadros elétricos, Conversores de frequência, sendo todos itens controlados por um computador que está diretamente conectado a um Servidor em Nuvem, que permitirá aos usuários monitoramento e controle em tempo real deste sistema de dosagem com total rastreo das ações realizadas pelos mesmos.</p> <p>Inaitec: validação dos dados gerados, coletados e armazenados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Internet das Coisas/ Sensoriamento Remoto * Inteligência Artificial e/ ou Visão Computacional * <i>Data Analytics</i> 	<p>MG - Indústria de fabricação de ração animal</p>	<ul style="list-style-type: none"> * 100% de redução de devoluções de cargas de farinhas e óleos da Patense com salmoneia e peróxido. * % redução de custo, por não ter que reprocessar o produto por identificação de peróxido ou salmoneia internamente. * % de redução de custo de logística (caso identificação após entrega de cliente).

Nome da iniciativa	Descrição	Tecnologia(s) 4.0 envolvida(s)	Estado de aplicação	Alguns resultados (estudo de caso)
Automação, controle e gestão do plantio de cana-de-açúcar	<p>A solução consiste na automação da plantadora de cana, de forma a automatizar a operação manual da alimentadora e dosadora de mudas; instalação de controles de fluxo em taxa fixa de até 4 tipos diferentes de insumos; sensores de detecção de falhas de muda e insumo; câmeras e monitor de câmeras; caixa de controle com chaves; e computador de bordo com antena. O sistema é parametrizado conforme o modo de operação da unidade produtiva. A solução inclui uma plataforma baseada em web (cloud computing) que torna possível o acompanhamento por geolocalização das atividades de plantio, o monitoramento de variáveis do implente e dados pós-processados no próprio embarcado. A plataforma também disponibiliza relatórios de trabalho para gestão e tomada de decisão, com dados georreferenciados e histórico de ocorrências dos implentes, como falhas, problemas mecânicos, e paradas programadas e não programadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Internet das Coisas/ Sensoriamento Remoto * Geolocalização * <i>Data Analytics</i> 	MG - Fazenda de cana-de-açúcar	<p>* Economia média R\$ 287;19 por hectare considerando (mudas, hectares plantados, viagens economizadas, dias trabalhados e redução de falhas).</p>

Nome da iniciativa	Descrição	Tecnologia(s) 4.0 envolvida(s)	Estado de aplicação	Alguns resultados (estudo de caso)
<p>Automatização do processo de revolvimento dos grãos de café em terreiros de secagem (robótica)</p>	<p>A solução inclui um robô que realiza operações de revolvimento de café em terreiros, além de análises de temperatura e qualidade dos grãos. Por meio de um sistema de visão e inteligência artificial, o robô monitora os melhores períodos para rodar o café de acordo com a temperatura do dia e do solo, garantindo assim uma secagem homogênea baseada em dados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Robótica * Internet das Coisas/ Sensoriamento Remoto * Inteligência Artificial e/ ou Visão Computacional 	<p>RJ - Fazenda de café</p>	<ul style="list-style-type: none"> * 10% de economia de tempo no revolvimento de café no terreiro. * A fazenda obteve aumento de cerca de 12% na pontuação do café (qualidade), com consequente aumento de lucratividade.
<p>Índice de Digitalização e Tecnologias (IDT) (soja)</p>	<p>O IDT é uma plataforma que mensura o nível de digitalização dos produtores de soja por meio de um formulário rápido, com 41 perguntas, que contemplam três níveis: básico, intermediário e avançado. Ao final do processo, as informações são inseridas em um banco de dados inteligente, que contabiliza os pontos a partir das respostas e fornece o resultado do produtor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Data Analytics 	<p>Nacional</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Realizados quase 500 diagnósticos, com geração de dados consolidados por estado, região e país.
<p>Automação de pomar</p>	<p>Inteligência artificial utilizada para fazer um mapeamento/digitalização autônomo do pomar e auxiliar o produtor com informações rápidas e precisas para as tomadas de decisão.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Inteligência Artificial e/ ou Visão Computacional • Geolocalização • Data Analytics 	<p>RS – Fazenda de maçãs</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da aplicação de insumos. • Aumento da quantidade de frutas. • Redução de perdas nas colheitas. • Controle de serviço da colheita/equipe. • Redução da necessidade de rateio manual.

Nome da iniciativa	Descrição	Tecnologia(s) 4.0 envolvida(s)	Estado de aplicação	Alguns resultados (estudo de caso)
Avicultura inteligente (Monitoramento de aves de corte)	Proporcionar o monitoramento constante da produção e acionamento imediato de seus profissionais da área para atuarem no atendimento a situações não consideradas ideais ao ambiente produtivo (avários), além de obtenção dos melhores parâmetros para produção de aves de corte, que deverão proporcionar melhorias constantes na qualidade e rentabilidade do produtor e da cooperativa, com identificação de correlação de eventuais doenças nas aves-ambiente, homogeneidade de peso e qualidade.	<ul style="list-style-type: none"> Internet das Coisas e/ou Sensoriamento Remoto Inteligência Artificial e/ou Visão Computacional Data Analytics/Big Data 	PR - Cooperativa	<ul style="list-style-type: none"> Aumento na acurácia de pesagem (case do projeto: 40%). Redução nas mortalidades (60% dos aviários) Acurácia de 98,84% para predição de abate. 92% de assertividade do algoritmo para indicação de probabilidade de incidência de aerossaculite.
Pesagem de bovinos por imagem	Tecnologia que usa câmera 3D portátil para pesar bovinos onde vivem naturalmente.	<ul style="list-style-type: none"> Inteligência Artificial e/ou Visão Computacional Data Analytics 	Diversos estados	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de produtividade e lucratividade do pecuarista ao permitir melhores tomadas de decisão com monitoramento frequente e sem estresse do principal indicador da pecuária, o peso do gado.
Classificador de grãos automatizado	A solução consiste num equipamento que realiza a classificação de grãos com menor intervenção humana por meio do uso de ferramentas de inteligência artificial.	<ul style="list-style-type: none"> Inteligência Artificial e/ou Visão Computacional Data Analytics 	PR - Cooperativa	<ul style="list-style-type: none"> Eliminação da subjetividade do processo. Diminuição no tempo de ciclo. Padronização do processo. Maior transparência na comercialização de grãos.

Fonte: ABDI2 (2022).

Entre os projetos selecionados, obteve-se representatividade nas 5 regiões do país (12 estados diretamente envolvidos), com mais de 700 produtores/empresas alvo de ações diretas de difusão, sendo todos os portes de empresas envolvidos nos projetos: 14% (grande), 43% média, 21% pequena e 22% micro, que envolveram diversas tecnologias 4.0: IOT (21%), Sensoriamento Remoto (21%), IA (21%), Analytics (14%), Visão Computacional (7%), Robótica (7%), Geolocalização (7%).

Do ponto de vista das tecnologias habilitadoras do 4.0, percebeu-se uma predominância de adoção do IOT aplicado em praticamente 70% dos projetos executados. Com uso de sensores, sistemas de comunicação e *softwares* de dados, as soluções permitem, por exemplo, o monitoramento online das condições da planta, do clima e do animal, permitindo uma gestão mais ampla e eficiente.

A Internet das Coisas (IoT) é uma tecnologia fundamental para a transformação digital dos negócios e da economia em todo o mundo. No que se refere à gestão da produção agrícola, a estimativa é de US\$ 250 à US\$ 520 bilhões. Os agricultores podem ser capazes de melhorar o rendimento entre 15% e 20% com o uso de tecnologias IOT (MCKINSEY, 2021).

Em relação aos sistemas de comunicação, foram adotados diferentes modelos, de acordo com a necessidade e viabilidade de implantação, utilizando-se de rede celular, rádio e satelital. De acordo com alguns especialistas dos projetos, a comunicação satelital, apresenta boa cobertura, apesar de banda restrita e, geralmente, alto custo. As tecnologias por rádio, apresentam, no geral, custo mediano, com banda e cobertura restritas. Já as redes celulares, apresentaram um custo mais acessível, com maior potencial de banca, porém, muitas vezes sem cobertura, dependendo da localização da fazenda, aumentando ainda mais os desafios de implementação.

A inteligência artificial também foi uma das tecnologias mais utilizadas nos projetos realizados. Por meio de algoritmos de *machine*

learning e técnicas de visão computacional, foi possível identificar, por exemplo, padrões de grãos de soja, reconhecimento de frutos, identificação da pesagem do animal e identificação precoce de doença em plantas. Destaque foi para o tempo necessário para os treinamentos e refinamentos dos algoritmos.

Apesar de não ter havido um caso específico de rastreabilidade, com uso, por exemplo, de *blockchain*, uma das soluções voltada para pecuária contempla a aplicação de brincos e monitoramento do gado. Os potenciais com a rastreabilidade de animais e de demais produtos, apesar de exigirem métodos seguros e eficazes para a identificação e gerenciamento de informações, podem trazer benefícios tanto ao produtor, pela aceleração do seu processo de digitalização, agregação de valor ao seu produtos, integração aos fornecedores e clientes e aumento de produtividade, como para toda a cadeia produtiva, na formação de uma rede conectada de atores, transparência no processo, maior sustentabilidade, maior qualidade, resultando numa maior competitividade para o setor e para o país.

Dificuldades e Oportunidades

Ao longo da realização dos projetos, foram levantados e consolidados alguns dos principais gargalos na implementação do Agro 4.0 pelos produtores rurais e cooperativas envolvidas. Uma das principais dificuldades encontradas e já conhecidas é a falta de infraestrutura, especialmente no que diz respeito à conectividade no campo. Em muitos casos, não há cobertura de redes celulares e as redes particulares, apesar de serem viáveis, possuem geralmente custos mais elevados.

Outro ponto levantado é a complexidade tecnológica que, muitas vezes, envolvem soluções, que implicam em questões como aquisição/importação de equipamentos/componentes, configurações personalizadas, desafios de interoperabilidade, de

segurança dos dados, considerando a variabilidade de fatores e a necessidade de replicação da solução em escala. Em muitos casos, os produtores estão em busca de soluções simples, baratas e de fácil implementação e, por isso, apresentam a necessidade de conhecerem antecipadamente as vantagens de ganhos com as soluções tecnológicas, ou seja, o retorno do investimento.

Além disso, as soluções envolvem, em muitos casos, mudança de processos. Alguns produtores trabalham com o mesmo processo e com as mesmas pessoas há anos na fazenda e estas mudanças de rotinas de trabalho são vistas como riscos à sustentabilidade do seu negócio.

Apesar de muitos produtores/indústrias já estarem sensibilizados com a necessidade de melhorias nos processos e na gestão da fazenda/indústria, por meio da adoção de novas tecnologias, ainda existe uma questão cultural a ser desenvolvida, especialmente em alguns perfis (cultura, idade, tamanho da propriedade, formação acadêmica, condição socioeconômica).

A necessidade de capacitação e de atualização dos operadores e demais funcionários da fazenda/indústria nas oportunidades que a tecnologia pode trazer e em como operá-las, também é um dos pontos identificados como importantes pelos envolvidos.

Além disso, no geral, identificou-se a percepção de que produtores consideram a implantação das tecnologias de alto custo e alto risco, o que dificulta a realização de investimentos próprios, em muitos casos.

No entanto, apesar destas dificuldades, iniciativas como o Programa Agro 4.0, apresentam cases reais de aplicação de tecnologia que ajudam a esclarecer diversos fatores e mostrar, por exemplo, os resultados obtidos, que podem servir como *benchmarking* em uma análise de custo/benefício.

Alguns pontos positivos levantados com a implantação dos cases são a redução de custos operacionais, aumento de produtividade, de eficiência e de lucratividade, além da elevação de qualidade do produto; maior controle sobre as operações do campo; melhoria no

nível de precisão e velocidade da informação e tomada de decisão; redução de erros operacionais; redução de risco e maior precisão das operações; e gestão mais eficiente e sustentável.

Entre as melhores práticas identificadas, estão a estruturação de dados para a realização de diagnóstico preliminar mais preciso das necessidades e oportunidades de melhorias, considerando o perfil e a maturidade digital. Em muitos casos, o produtor identifica um problema, mas não tem dado suficiente para analisá-lo da melhor forma e tomar decisões mais assertivas.

Envolve também um levantamento e a identificação de alternativas de soluções, por exemplo, por meio da identificação de cases demonstradores em cooperativas e associações, participação em dias de campo realizados em fazendas vizinhas que adotam tecnologias, além de se manter atualizado de tecnologias para o perfil da sua fazenda em feiras e exposições.

A implementação das tecnologias, que, em muitos casos, pode ser realizada de forma gradual, aplicando testes, analisando os resultados e os potenciais de escalabilidade. Hoje em dia, muitos fornecedores e startups *agtechs* oferecem modelos de negócios de adoção de soluções modularizadas.

As melhores práticas identificadas estão sendo compiladas em um *framework* de adoção de tecnologias 4.0, elaboradas a partir das experiências dos projetos realizados no âmbito do Programa Agro 4.0.

Vale ressaltar a importância de se considerar um conjunto de fatores críticos que influenciam no processo de adoção de tecnologias 4.0 na fazenda/agroindústria, como Pessoas, Processos, Estratégia, Cultura e Recursos (Figura 6).

Figura 6. Fatores críticos de sucesso.



- **Pessoas:** todo processo de adoção de tecnologias 4.0 envolve pessoas que são imprescindíveis para o sucesso do empreendimento. É importante realizar ações de sensibilização, capacitação e acultramento dos colaboradores.
- **Processos:** os processos produtivos e administrativos, conforme descrito anteriormente, precisam ser claros e bem estruturados. Em muitos casos, a adoção de tecnologia 4.0 implica na revisão e otimização desses processos.
- **Estratégia:** a definição de diretrizes estratégicas para a adoção de tecnologias deve dar um direcionamento claro dos objetivos, metas e resultados a serem alcançados em curto, médio e longo prazo.
- **Cultura/capacitação:** trata-se do conjunto de crenças, valores e normas da organização que devem ser disseminadas entre seus colaboradores. Inclui, por exemplo, estimular a participação em eventos e feiras, para conhecimento de cases de aplicação de tecnologias e seus benefícios, estimular o surgimento de ideias de soluções, a partir dos problemas enfrentados por cada

um dos colaboradores, avaliar/considerar a tolerância a riscos inerentes à inovação, entre outros.

- Recursos/Infraestrutura: considerar a infraestrutura e os investimentos necessários para a adoção da tecnologia 4.0, buscando alternativas mais viáveis.

Considerações Finais

Este artigo teve o objetivo de apresentar informações do Programa Agro 4.0 da ABDI, que fomenta a realização de adoção de projetos de tecnologias 4.0 junto aos produtores e cooperativas, visando identificar os desafios e as oportunidades, além de servirem como casos demonstradores.

Foi possível verificar e acompanhar a obtenção de resultados em termos de eficiência, produtividade e redução de custos por meio da adoção de tecnologias Agro 4.0, como IOT, inteligência artificial e robótica. Esses casos geraram ações diretas de difusão para 700 empresas do setor produtivo, com impactos indiretos calculados em torno de 10.000, considerando a disponibilização de materiais e participação em eventos.

Com a expectativa da população global alcançar 9,7 bilhões em 2050 (United Nations, 2019), o setor agrícola tem explorado diversas maneiras para aumentar a produtividade de forma a atender à crescente necessidade mundial de alimentos, sendo que a tecnologia tem sido uma grande aliada neste processo.

Ressalta-se aqui a importância da adoção de tecnologias 4.0 para se obter ganhos também em sustentabilidade. As soluções incluem a redução de uso de energia, a redução de uso de água, o uso de energias renováveis, a redução de emissão de Co2, além da redução de desperdícios.

Um indicador importante a se observar, neste sentido, é que cerca de 33% da produção global de alimentos é desperdiçada, o que equivale a cerca de 1,3 bilhão de toneladas por ano (FAO, 2011).

Certamente, a tecnologia terá cada vez mais um papel fundamental na implementação de ações que enderecem as demandas de sustentabilidade e produtividade.

Por fim, a realização de pilotos como estes e demais demonstradores ajudam a disseminar os resultados obtidos na prática e a subsidiar o setor produtivo de informações importantes para sua tomada de decisão, de forma a estimular o uso das tecnologias 4.0, colaborando com o aumento de competitividade do país.

Referências Bibliográficas

ABDI. Perfil das propostas classificadas e enviadas no primeiro edital do Programa Agro 4.0. Publicado em 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/isabe/Downloads/Relat%C3%B3rio%20Agro%2040%20-%20Etapas%20de%20Cadastro%20e%20Sele%C3%A7%C3%A3o.pdf>.

ABDI1. Mapeamento do ecossistema de inovação no agronegócio. Publicado em 2021. Disponível em: <https://agro40.abdi.com.br/downloads/Mapeamento%20do%20ecossistema%20de%20inova%C3%A7%C3%A3o%20do%20agroneg%C3%B3cio%20-%20vers%C3%A3o%201.0.pdf>

ABDI2. Guia de Boas Práticas do Programa Agro 4.0. 2022.

BNDES. Relatório de aprofundamento das verticais: rural. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/2fa8f7d1-9939-441d-b8ce-ed3459fcfd4d/relatorio-aprofundamento-das-verticais-rural-produto-7C.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m3rPopG>. Publicado em 2017. Acesso em: 13 jun. 2021.

CEPEA/CNA. PIB do agronegócio. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB-do-Agronegocio-20set22-2.pdf>. Acesso em: 13 out. 2022.

EMBRAPA. Retrato da agricultura digital brasileira. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/54770717/pesquisa-mostra-o-retrato-da-agricultura-digital-brasileira>. Acesso em: 20 jun. 2021.

FAO. Global food losses and food waste — Extent, causes and prevention. Rome, 2011.

FAO. How to Feed the World in 2050. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf. Acesso em: 13 jun. 2021.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. The Internet of Things: Catching up to an accelerating opportunity. Novembro, 2021.

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). World Population Prospects 2019: Highlights (ST/ESA/SER.A/423). New York, 2019

8) Uso de tecnologia 4.0 para tomada de decisão visando aumento da lucratividade e sustentabilidade na pecuária

Murilo Garrett Moura Ferreira dos Santos, Tiago Zanetti Albertini

Introdução

O histórico da produção animal é antigo e bastante relevante na história humana. Falando sobre o consumo, a caça mostrou-se essencial para a socialização de nossa espécie, principalmente para desenvolver noções importantes sobre formas de consumo. Este avanço resultou no melhor desenvolvimento de nossos cérebros e aumento no tempo disponível do dia a dia de nossos ancestrais. Considerando a economia, a pecuária sempre desempenhou papel relevante. Do latim, *pecus* significa gado, e pecuária compreende a criação de gado. Historicamente, o gado já foi até utilizado como moeda de troca.

Em nosso país, coube à pecuária o desbravamento e fundação de inúmeras regiões. Além disso, fatos como desenvolvimento de produção com pastagens artificiais e a criação da EMBRAPA (Brasil, 1972), também marcam o caminho de crescimento da atividade. O que se percebe hoje, no entanto, é que já não se faz pecuária como antigamente. A inovação sempre foi um fator de grande relevância no desenvolvimento do agronegócio brasileiro. Os ganhos de produtividade na agricultura e pecuária se tornam evidentes nos resultados divulgados a cada nova edição do Censo Agropecuário publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017).

O Brasil se destaca, assim, como um dos principais produtores e exportadores de *commodities* do mundo, sobretudo de alimentos, com grande destaque para a proteína animal. Conhecido como celeiro do mundo, o país só tem conseguido produzir em maior quantidade e com menos recursos graças ao investimento em pesquisa e inovação, responsável por produzir tecnologia de ponta para todos os elos das cadeias produtivas do setor.

É neste cenário que surgem as *Agtechs*, que são startups que possuem uma tecnologia para o agronegócio. As startups se diferem das pequenas e microempresas, pois devem ter um modelo de negócios escalável e repetível. E, no caso das *Agtechs*, a tecnologia deve ser direcionada e especializada no agronegócio.

Inúmeras são as tecnologias 4.0 desenvolvidas em nosso país, especificamente, para este importante setor da economia, como serão apresentadas neste artigo.

Tecnologias

1) Pecuária de precisão

O rápido crescimento de soluções tecnológicas reflete uma evolução no mercado e relacionamento entre produtores agrícolas e provedores de soluções, uma vez que são orientados para identificar respostas direcionadas a necessidades específicas dos produtores. As mudanças geradas principalmente pelas *AgTechs* têm potencial para gerar inovações disruptivas que transformam progressivamente as atividades que envolvem o planejamento do uso dos recursos naturais, tornando mais lucrativo e eficiente e reduzindo o custo de produção (SILVEIRA, 2023).

Algumas dessas mudanças já fazem parte da rotina de fazendas espalhadas pelo país. No entanto, é importante ressaltar que o trunfo está em integrá-las e ajustá-las, a fim de permitir a tomada de decisão de forma antecipada. Equipamentos de ponta sem uma gestão eficiente significa perder tempo e dinheiro.

A compreensão dos desafios em adotar tecnologia, automatizar e otimizar processos e, como consequência, gerir para aumento da lucratividade é fator primordial para a transformação da pecuária de precisão. Apesar do termo Pecuária 4.0, e neste sentido as soluções tecnológicas estão caminhando para algo não definido, mas muito mais para agropecuária digital e de decisão agregando muitas inteligências, heurísticas e de amplo apoio do mercado de capitais com resultados óbvios de melhoria de uso de recursos naturais com foco no cliente.

1.1. Internet das Coisas, Inteligência artificial e Big Data

Os avanços permitidos pela Internet das Coisas se encaixam no dia a dia do pecuarista quando durante a lida com os animais ou durante a gestão das atividades, permitindo o aumento de produtividade e otimização no uso de recursos. São exemplos dessas aplicações brincos de identificação, saúde animal, rastreabilidade, balanços inteligentes e sensores de acompanhamento nutricional.

Estas tecnologias e aplicações evoluíram muito desde o início do século e certamente outras surgirão em breve. Em uma evolução contínua das *IoT*s, para os brincos de RFID que são amplamente utilizados, já existem novas tecnologias disponíveis no mercado mais eficientes e disruptivo como brincos *bluetooth* satelitais e em uma nova perspectiva câmeras inteligentes estão sendo desenvolvidas para substituição dos brincos de RFID para identificação animal.

Milhares de informações podem ser utilizadas com a adoção de inteligência artificial (IA). Na pecuária, dados genéticos, hábitos alimentares, peso, saúde animal, composição da dieta, ciclos reprodutivos e rendimento de carcaça alimentam sistemas de inteligência artificial. Para este mercado, especificamente, já existem equipamentos inteligentes que detectam variações comportamentais de animais confinados, apontando períodos em que comem e se movimentam mais, permitindo até mesmo identificar quando estão férteis.

Além disso, sensores são capazes de analisar a composição do hábito dos animais, identificando anormalidades e sinalizando problemas na composição da dieta. Câmeras térmicas inferem sobre o crescimento bacteriano e outras dizem quanto cada animal pesa sem que balanças sejam utilizadas. A inteligência artificial na pecuária já consegue até mesmo calcular e prever a lucratividade do animal individualmente.

Seja no pivô, na grande plantação, no pasto ou no confinamento, a inteligência artificial já está presente no campo e é uma realidade na pecuária de precisão, assim como a Internet das Coisas.

1.2. Inteligência artificial enxerga o lucro dos animais dentro do confinamento

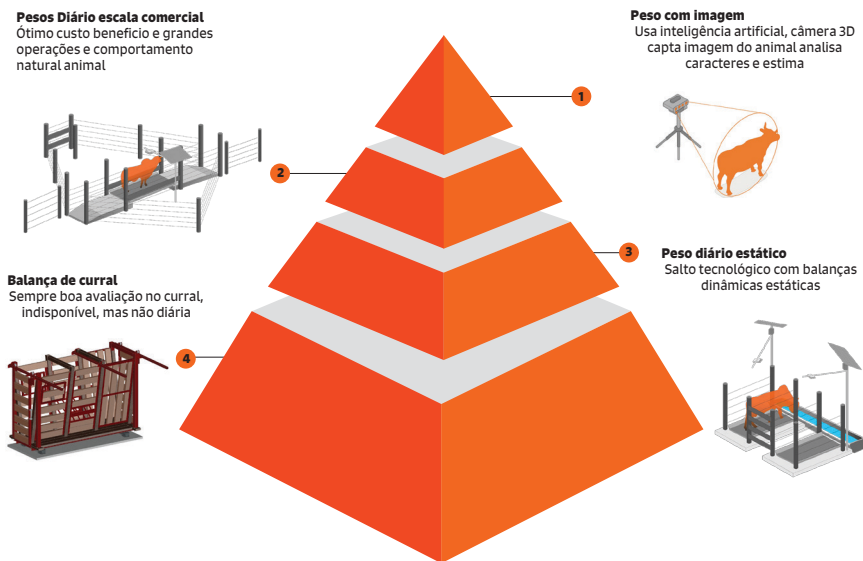
Ultrassom, avaliação visual, precificação diferenciada, acabamento e rendimento. Diversas são as técnicas utilizadas para avaliação de composição química da carcaça, visando inferir sobre qualidade de carne e lucratividade na operação produtiva no período final da produção, próximo ou durante o abate. Enquanto o animal está confinado, porém, as características a serem avaliadas neste momento posterior, estão sendo ainda desenvolvidas, durante o período chamado de *evolução da condição corporal*. Hoje o confinamento tem duas informações dos animais, na entrada e na saída do confinamento, sendo a avaliação individual e a condição corporal durante a operação, uma caixa-preta.

Ao longo do desenvolvimento animal na terminação, o conceito de deposição de gordura está relacionado à deposição desta em tecidos internos, musculares, intermusculares e sob a pele, também chamado de subcutâneo. A deposição de gordura, como ferramenta para inferir sobre qualidade de carne e lucratividade da operação produtiva, pode ser avaliada no animal vivo, por ultrassonografia ou mensuração do Escore de Condição Corporal (ECC), ou no animal abatido, a partir da avaliação do acabamento de carcaça.

A avaliação, que dependia do olho do pecuarista e que acontecia apenas próximo ao fim do confinamento, não é mais uma realidade. De maneira semelhante às propriedades da lei de Moore (1965), a evolução tecnológica, principalmente, o avanço das *IoT*s, *cloud* e evolução dos sensores dobraram de tamanho em um curto intervalo de tempo, mantendo o mesmo (ou menor) custo, ao mesmo tempo o processamento de dados também possui o mesmo comportamento da lei de Moore. Permitindo assim que novas tecnologias de inteligência artificial mais eficientes, conectividade de alta velocidade e acesso ao mercado de capitais sejam desenvolvidas para solucionar problemas atuais.

O avanço dos sensores permitiu a evolução das balanças de pesagem animal, essa pirâmide evolutiva dos sensores, baseia-se na teoria da Hierarquia quanto aos benefícios tecnológicos entregues a pecuária, representada em quatro níveis: balança de curral, balança diária estática, balança diária dinâmica e câmeras de previsão de peso com visão computacional (Figura 1).

Figura 1. Pirâmide evolutiva do sensor balança de bovinos.



O avanço da inteligência artificial, permite o armazenamento de informações, a personalização dos dados e a indicação de melhores respostas. Por isso, utilizá-la para acompanhar a evolução do desenvolvimento animal é essencial. A partir de um sistema de câmeras e sensores inteligentes, no qual o crescimento, a engorda e a avaliação do escore são acompanhados diariamente, informações relevantes para a tomada de decisão são apresentadas.

Na pecuária, por exemplo, não basta escolher geneticamente os melhores animais, acompanhá-los para assegurar saúde, ganho de peso e melhor abate. É preciso que todas essas ações aconteçam de forma integrada, ao mesmo tempo, e conectadas. O ponto de partida para o aprendizado da máquina com inteligência artificial são os bancos de dados (big data) coletados pelos equipamentos conectados entre si e pela internet (IoT).

Todas essas tecnologias se conectam na definição de pecuária de precisão. Esse termo resume bem o avanço de máquinas e sistemas que tiram a informação do papel, de planilhas, de máquinas ou até da cabeça e a tornam digital, dentro de um software, por exemplo. A importância desta mudança é transformar dados em informações que sustentem a tomada de melhores decisões. Dentro de uma fazenda, ter informações do histórico genético de animais, dados da composição e oferecimento de dieta, conversão alimentar e até investimento em infraestrutura representam um grande banco de dados. Estes, quando cruzados com informações de mercado, se transformam em informações e podem entregar o lucro da operação, por exemplo. Tal fato, como dito, norteia a tomada de decisão.

1.3. Blockchain

No caso da pecuária, o *blockchain* pode trazer um registro dos animais da fazenda à mesa. Imagine se cada animal tivesse o histórico registrado em uma “gaveta virtual inviolável”, desde a evolução

do peso, conversão alimentar, doenças, vacinas, alteração de dieta e outros acontecimentos relevantes até a comercialização, abate, logística, supermercados e restaurantes, até chegar ao consumidor, que poderia ver e escolher a origem da carne no momento da compra. Vale destacar, que muito foi feito no sentido da história evolutiva dos produtos inovadores, para endereçar a nova economia baseada em uma transformação digital, de equipamentos e mais recentemente insumos, em serviços, principalmente o uso de contratos inteligentes.

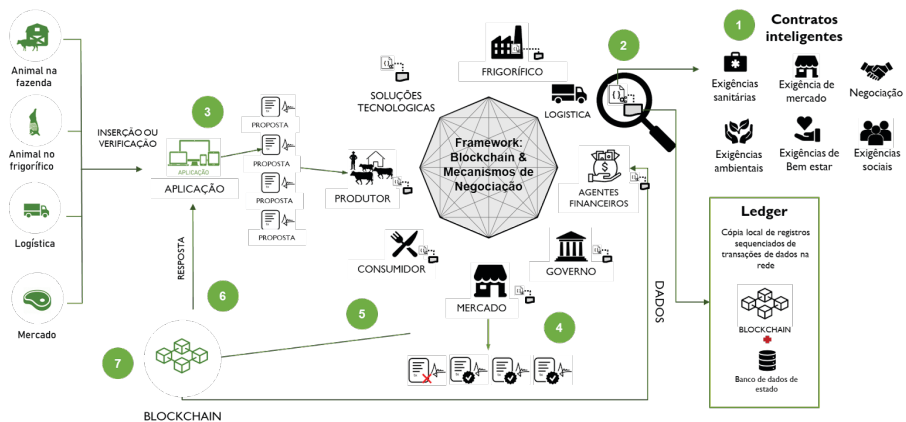
O *blockchain* trará grandes transformações para a cadeia de produção, pois qualquer falha no decorrer da produção poderá ser identificada mais rapidamente pelo sistema, já que todo o processo é rastreado. Problemas como os ocorridos em 2017 no que ficou conhecido como “Operação Carne Fraca” teriam sido identificados em minutos ou horas, ao invés de semanas, demora que provocou bloqueios da carne brasileira em mercados internacionais, reduziu a confiança dos importadores e consumidores (JORNAL ESTADÃO, 2017).

De acordo com Casarotto *et al.* (2021), até 2040, *blockchain* será a tecnologia mais utilizada para a rastreabilidade de produtos cárneos, não somente de produtos, como também de processos produtivos. Atualmente há grandes oportunidades de conseguir rastrear as informações em toda a cadeia e há empresas trabalhando em cada um dos elos. Então, é necessária integração entre as empresas, pois não adianta rastrear apenas os animais dentro da fazenda, se não possui informação quanto à procedência nem o destino. Há um grande desafio e oportunidades para a logística fora da porteira.

No que tange à segurança alimentar as empresas do agronegócio devem dominar tecnologias disruptivas que atendam não só a quantidade de proteína animal, mas a qualidade, bem como todo o lastro da informação. Quando um animal é monitorado por tecnologias, sabe-se onde está, qual a qualidade, e as características diárias do mesmo na propriedade e na indústria pelas *IoT*s. Isto permite dar a garantia de origem e acompanhar todos os critérios dos animais, bem como seu

bem-estar e seu status de saúde. Essas tecnologias combinadas no futuro uma hiper-plataforma de *framework* de *blockchain* (Figura 3) permitirá em um simples toque de tela ter informações de segurança alimentar para avaliar todo o processo, estabelecer contratos inteligentes e mais lucrativos, bem como garantir em uma ordem planetária a redução na fome no mundo no quesito de proteínas de alto valor biológico de proteína animal. O maior lucro entre produtor-indústria-consumidor ocorrerá por conta do ativo lastreado (animal) e suas características monitoradas geram informações agregadas e qualificadas de fora predita verificada dinamicamente, dirimindo além dos efeitos de escândalos alimentares, maior acesso a mercados internacionais, e ao mesmo tempo agregando valor ao produto, abrindo mercados e protegendo os produtos frente à volatilidade de preços.

Figura 3. Representação teórica do *framework* de *blockchain* para a pecuária.



Legenda: Os números (1), (2), (3), ..., (7) representam a seguinte sequência hierárquica descritiva dos processos do framework: 1. As regras de negócio definidas; 2. *Peers* participantes da rede as recebem para serem aptos a validá-las posteriormente; 3. Usuários realizam tentativas de inserção ou verificação contratual na rede (por intermédio de aplicações); 4. *Peers* aprovam ou recusam a proposta com base nas regras de negócio anteriormente definidas; 5. As propostas são registradas por definitivo no *blockchain*; 6. A aplicação recebe um retorno referente ao sucesso ou à falha da proposta enviada; e 7. Uma cópia dos dados gerados é enviada aos participantes da rede para atualização de seus *ledgers* (armazenamento seguro e distribuído dos dados) locais.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Independentemente das tendências positivas quanto à adoção de *blockchain* em 2020 até o momento, a tecnologia *blockchain* para o agronegócio enfrenta alguns desafios consideráveis que precisam ser superados antes de sua adoção em massa.

As principais barreiras para a adoção do *blockchain* hoje na pecuária são devido à baixa performance com processamento, armazenamento e transmissão de dados, colaboração dos gestores que lideraram o projeto, tanto dos elos da cadeia assim como as entidades governamentais (compartilhar informações entre os parceiros envolvidos de forma assertiva e eficiente), falta de mão de obra qualificada, conectividade e infraestrutura física para instalação das *IoT*s Redi (2019). Sanada esses entraves para a adoção do *blockchain* no agro, os resultados e benefícios esperados são grandes com relação a gerar confiança, aumentar a segurança e transparência entre os parceiros envolvidos na cadeia.

Outra grande questão relacionada ao *blockchain* é quando a tecnologia será de fato utilizada em maior escala, espera-se que em 5 anos o seu uso tenha viabilidade em escala comercialmente para o agronegócio. A necessidade de avaliar os fatores que impactam a viabilidade quanto à adoção no mercado irá proporcionar uma abordagem estratégica assertiva de ações para competir e permitir que as empresas tenham valor no curto prazo. De fato, os *players* dominantes capazes de adotar tecnologias como a solução de mercado deveriam estar fazendo os movimentos e fazendo-os agora.

1.4. Relato de caso

Os animais produzidos atualmente não têm informação quali e quantitativa, ficam à mercê da especulação do mercado, tem pouco poder de barganha nas negociações e é influenciado ou um tomador de preço da porteira para fora. Com isso, a falta de mensuração da performance dos animais e sua relação das regras de mercado, não

consegue definir o melhor momento de negociar os animais seja na compra ou venda de animais e é exatamente isso que as soluções tecnológicas entregam, ou seja, tomada de decisão mais assertiva.

E este é o conceito econômico por trás da inteligência das plataformas inteligentes com *IoT*s, inteligência artificial e pesquisa operacional. Monitorar e vender os animais no melhor momento são as entregas que salvam as principais dores de pecuaristas. É válido ressaltar alguns aspectos importantes: i) para o produtor tomar a decisão mais lucrativa, e este lucro “se realizar”, ele precisa realmente executar a instrução do sistema. Neste sentido, uma das entregas das soluções tecnológicas é ajudar o produtor a realizar o uso desta decisão que não é um processo trivial, que envolve entendimento, engajamento e ações práticas de como ele toma uma decisão mais que secular; ii) atualmente o produtor precisa de informações mais básicas para tomar suas decisões, com o olhar para dentro de sua operação (performance animal, produtividade e margens), e que as soluções tecnológicas também declaram em escala diária lastreada por indivíduo.

O produtor menos tecnificado, ou em escala de maturação de seu modelo de negócio, até hoje tinha muito tal olhar, até porque há muitas poucas plataformas integradas animal-mercado decisórias no mercado, em que algumas empresas tecnológicas atendem a essa demanda. Este processo melhora a governança da operação, pois o produtor começa a não só analisar a venda para frigoríficos que melhor lhe pagam, mas também podem formar lotes melhor caracterizados e ter preços diferenciados para sua produção.

É a informação que traz a decisão conhecendo de maneira preventiva meses antes da data da negociação de quais lotes deve vender, para compradores que melhor remuneram seu ativo, e então ele pode escalar de forma diferenciada seus animais, empoderando o pecuarista agora com poder de mercado e com uma visão mais ampla do mesmo.

Na Tabela 1, a seguir, são apresentados os resultados de um estudo de caso realizado em um confinamento de bovinos em uma fazenda

comercial localizada em Rio Verde do Mato Grosso/MS. A fazenda adotou uma plataforma de inteligência de informações de mercado para a maximização do lucro de produtores e da indústria frigorífica, iniciado em março de 2021 com 507 animais. Com o resultado do estudo de caso, foi atingindo uma maximização de 27% na lucratividade, comparando-se ao Método Tradicional (110 dias de confinamento), reduzindo em 17% o tempo de confinamento, redução de 11% nos custos operacionais e alimentares da fazenda, melhorando o Ganho Médio Diário (GMD) dos animais em 10%, em média. e melhorando em 8% a conversão alimentar dos lotes (BeefTrader® @Tech, 2021).

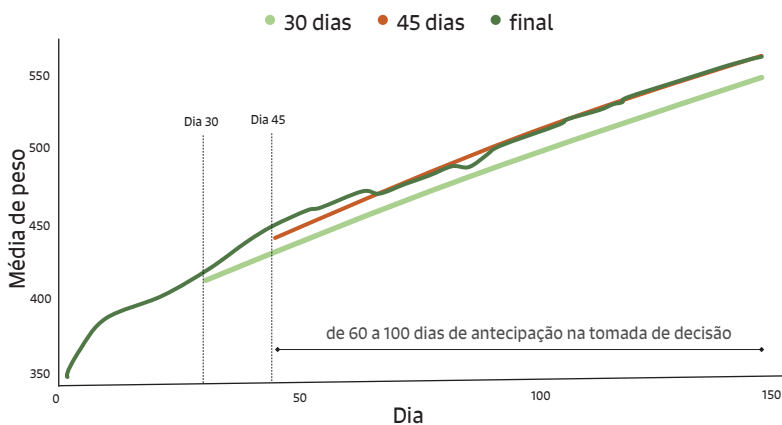
Tabela 1. Resultado gerais médios dos lotes já abatidos do case realizado em 2021, considerando o método tradicional X otimizado pela plataforma BeefTrader® em 3 vendas, em uma fazenda com 507 animais confinados.

	MT ²	MO1 ²	MO2 ²	MO3 ²	MOT ²	TvsO, % ²
Nº de animais (Total)	507					
Tempo de confinamento, dias	110	62	99	111	91	-17,58%
Lucro, R\$/@	90,57	125,02	115,42	106,97	115,8	27,86%
Custo, R\$/@	220,41	185,95	195,55	204,31	195,27	-11,41%
GMD ¹	1,69	1,81	1,95	1,86	1,87	10,85%
Produção, @/cab	7,6	6,9	7,47	8,09	7,49	-1,49%
Conversão alimentar	4,92	4,36	4,49	4,65	4,5	-8,54%

GMD¹: Ganho Médio Diário; MT²: Média Tradicional; MO1: Média Otimizada (Venda 1); MO2²: Média Otimizada (Venda 2); MO3²: Média Otimizada (Venda 3); MOT²: Média Otimizada (Total); TvsO²: % (Tradicional vs. Otimizada).

O algoritmo de predição inteligente (IA) pode trazer, assertividade de 88% na predição resultante da modelagem para lucratividade no tempo aos 45 dias de confinamento, ou seja, com 75 dias de antecedência ao pecuarista. Na Figura 2 e Tabela 2, a seguir, é possível verificar a assertividade da predição da inteligência BeefTrader® aos 30 e 45 dias de monitoramento, frente à curva real de pesagens individuais.

Figura 2. Curva de predição de pesagens individuais do estudo de caso para 507 animais confinados.



Legenda: A curva em preto são os pesos reais por dia, a curva em cinza claro refere-se aos pesos preditos com 30 dias de monitoramento e a curva em cinza escuro refere-se aos pesos preditos com 45 dias de monitoramento.

Fonte: BeefTrader® @Tech (2021).

Tabela 2. Comparativo entre o BeefTrader projetado aos 30 dias vs. o Real.

	TR	BT30	BT45	30vsR	45vsR
Receita acumulada (total), R\$	1.123.029,19	1.026.846,72	1.124.414,81	-8,56%	0,12%
Receita acumulada R\$/@	310,97	310,97	310,97	0,00%	0,00%
GMD	1,61	1,26	1,4	-21,74%	-13,04%
Peso, kg	568,6	520,6	537,8	-8,44%	-5,42%
Ganho, @	7,1	6,32	6,92	-10,99%	-2,54%

GMD¹ Ganho Médio Diário; BeefTrader considerou em média Rendimento de Carcaça de 54,3% na saída. TR²: Total Real (dados de romaneio), BT30²: BeefTrader aos 30 dias; BT45²: BeefTrader aos 45 dias; 30vsR²: 30 Dias vs. Real; 45vsR²: 45 Dias vs. Real.

A satisfação do cliente na conclusão do estudo de caso após a adoção da tecnologia na fazenda foi representada por pesquisa de satisfação, em que se destacou o profundo interesse do cliente na difusão da

plataforma e na solução que ela se propõe a trazer para a fazenda e proporcionando a expansão da tecnologia para um número de 3.500 animais monitorados.

Perspectivas futuras

A pecuária está na vanguarda dos produtos inovadores e é caracterizada por diversas ondas de mudança tecnológica. A Figura 1, a seguir, ilustra bem esse processo. Sob esse entendimento, a 1ª onda tecnológica de 2010 melhorou a gestão e otimização dos processos da operação, manejo, dietas, grandes consultorias e afins. Em 2015, a 2ª onda tecnológica focou a integração dos sistemas de gestão que se integram com máquinas, fábricas, animais (identificação) e ERPs. Startups de gestão de rebanhos começam a escalar significativamente no mercado. Em 2020, a 3ª onda tecnológica foca a pecuária de precisão (biologia e computação). Ocorre o Boom de *Startups* e unidades de negócios de base tecnológica com sistemas de monitoramento individual real time com decisão em operações para o genoma integrado aos sistemas, bem-estar animal e Animal2Machine serão relevantes. Em 2025, a 4ª onda possui uma tendência de fintechzação & inteligência artificial (Figura 4).

Figura 4. O que os grupos de pesquisa, econômicos e negócios inovadores dentro do contexto da nova economia evoluíram e tendem a evoluir entre 2010 e 2025.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Além dos produtos inovadores, o mercado de crédito sempre acompanhou a nova economia. Existe um balanço entre repetibilidade e escalabilidade, um dos preceitos de negócios de empresas de base tecnológica, principalmente as startups. O motor da escalabilidade dentro deste mercado, quando se trata da nova economia no agronegócio, vem com o desenvolvimento de sistemas que melhoram as maneiras de fomentar o desenvolvimento no campo. Na pecuária, este movimento vem ganhando massa crítica nos últimos anos com as *Fintechs* que têm cada vez mais musculatura financeira, que muitas vezes são suportadas por grandes conglomerados com investimentos superiores a R\$ 500 milhões (SALLES, 2021). Estas *Fintechs* também têm começado a fazer uma melhor gestão do risco e garantias, pois ganha-se celeridade com o início da digitalização de títulos, desde a 1ª Cédula do Produtor Rural do boi emitida, até o movimento mais recente da CPR eletrônica com a Lei do Agro (CPR, Bolsa Brasileira de Mercadorias, 2019). Mecanismos de *crowdfunding* têm viabilizado intermediadores a escalar operações da pecuária trazendo benefícios financeiros para investidores com tickets de aplicação de maior granularidade.

Cooperativas têm antecipado benefícios de crédito para engorda de bovinos confinados no boitel de sua operação e acesso a insumos aos seus cooperados. Fundos de investimento têm montado operações de confinamento. Confinamentos de grande porte têm realizado antecipação de recebíveis a produtores-clientes que trazem boi para ser engordado nestas operações. Gestoras de fundos, ligadas a grandes corretoras de valores, começam a viabilizar investimentos em pecuária, em áreas de baixa aptidão agrícola. Grandes empresas de nutrição animal estão desenvolvendo programas *barter* com a troca de insumos por meio das @ produzidas pelos seus clientes.

Dentro de uma ótica tecnológica-ambiental, gigantes tecnológicas, como Google e Amazon, começam a pagar créditos de carbono (mecanismos de compensação) em fazendas pelo mundo (FREITAS,

2019). Grandes empresas da indústria frigorífica começam a instituir programas e linhas de redução das emissões de carbono na atmosfera [programa Net Zetro (JBS, 2021); Carbon on Track (MINERVA, 2021)] e incentivos nacionais têm pagado para pecuaristas, por serviços ambientais prestados (AGÊNCIA BACIAS PCJ, 2022). Nos EUA, no estado do Texas, produtores passaram a receber incentivo ao sequestro de carbono em áreas bem manejadas (GRASSROOTS CARBON, 2022). Organizações Não Governamentais têm iniciativas de descrever projetos e apoiar o processo de certificação para indústrias e fazendas de gado de corte com práticas sustentáveis, inclusive estimulando criações de políticas públicas (IMAFLOA, 2022). Empresas de base tecnológica e sustentabilidade atuam criando mecanismos de relacionamento com investidores dentro do mercado voluntário de carbono (ECCAPLAN, 2022).

Dentro do contexto exposto, o mercado de crédito tem apoiado a nova economia, no entanto, é necessário um maior número de *AnimalTech* e *Hard Science*, desenvolvendo inteligências de monitoramento, tomada de decisão e que, ao mesmo tempo, participam de mecanismos de crédito. Algumas poucas *startups* possuem tecnologias que podem apoiar esta proposta, será *enabler* financiando a operação, na compra de animais e demais custos de produção. Isto poderá ocorrer por conta da auditoria e segurança de suas tecnologias que proporcionarão acesso ao crédito, além de seus benefícios diretos de maximização do lucro da atividade e redução de seu impacto ambiental.

O Brasil se destaca como um dos maiores produtores mundiais de alimentos e possui um cenário bastante promissor. A pecuária tecnológica se apresenta como um caminho viável e sem volta para manter os níveis de competitividade do agronegócio brasileiro, e ao mesmo tempo manter a posição estratégica no cenário mundial, alinhado com os esforços globais de mitigação da fome frente ao crescimento populacional mundial e ambiental.

Sendo assim, para o fortalecimento do processo estratégico de adoção de tecnologias, por meio da possibilidade de escalada sem investimento inicial, serviço com retorno evidente (*IoT*s como serviço), ganhos adicionais através de ferramentas tecnológicas e/ou produtos auxiliares que serão revertidos em dinheiro (ESG + R\$ + Benefícios), visão de uma plataforma única integrando as ferramentas de gestão (conectividade eficaz e acessível) e monitoramento diário do peso dos animais com uma plataforma de *inteligência* artificial, antes e depois de ter uma predição (agropecuária de precisão). Decisões estas que garantem a sustentabilidade (econômica, social e ambiental) e maximização de todo o potencial de agregação de valor do sistema produtivo.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA BACIAS PCJ. Disponível em: <https://agencia.baciaspcj.org.br/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

BEEFTRADER®. 2022. Tech inovações tecnológicas para a agropecuária. Case na Fazenda Guarujá. Disponível em: <https://techagr.com/>. Acesso em: 29 jul. 2022.

BOLSA BRASILEIRA DE MERCADORIAS [BBM]. Disponível em: <https://www.registrocpr.com.br/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL, 1972. Lei nº 5.851, de 7 de dezembro de 1972. Autoriza o poder executivo a instituir empresa pública, sob a denominação de empresa brasileira de pesquisa agropecuária (Embrapa) e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 07 dez. 1972. dofc 07 12 1972 010949 1

CASSAROTTO, E. L.; MAIQUE, W.; MENDEIROS, S. R.; DIAS, F. R. T.; MALAFAIA, G. C. 2021. Blockchain na Cadeia Produtiva da Carne Bovina: o que isso envolve? Boletim n. 52, CiCarne. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/229376/1/Boletim-CiCarne-2021-52.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2022.

ECCAPLAN. Disponível em: <https://eccaplan.com.br/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

FREITAS, T. 2019. Amazon e Google investem para reduzir emissão de carbono. Startse. 20 set 2019. Disponível em: <https://www.startse.com/noticia/nova-economia/amazon-google-emissao-carbono/>. Acesso em: 07 jul. 2022.

GRASSROOTS CARBON. Disponível em: <https://buildgrassroots.com/how-it-works/>. Acesso em: 15 jun 2022.

IMAFLORA. Disponível em: <https://www.imaflora.org/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE]. 2017. Censo Agropecuário 2017. Disponível em: [https:// https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html). Acesso em: 14 jun. 2022.

JBS. Disponível em: <https://jbs.com.br/netzero/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

MINERVA. Disponível em: <https://www.minervafoods.com/noticias/minerva-anuncia-parceria-no-carbon-on-track-novo-programa-contr-o-carbono/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

MOORE, G. E. 1965. Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics Magazine*, v. 38, n. 8 Disponível em: DOI: 10.1109/N-SSC.2006.4785860

REDI, F. 2019. Blockchain na cadeia de alimentos: estudo da adoção do blockchain na gestão de cadeia de produção da carne bovina. Universidade do Sul de Santa Catarina.

SALLES, M. Conglomerado Alfa investirá R\$ 600 milhões na E-ctare, de crédito inteligente, até 2023. Disponível em: <http://www.agtechgarage.news/conglomerado-alfa-vestira-r-600-milhoes-na-e-ctare-de-credito-inteligente-ate-2023/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

SILVEIRA, G. B.; FARINA, M. C.; SANTOS, I. C. 2023. High-technology based startup in agribusiness sector: mapping linkages, products and services. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 61(1), e246210. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.246210>

9) Fruticultura de Precisão: tecnologias, desafios e evolução

*Alexandre de Campos Horn, Camila Schwartz Dias,
Jusoan Lang Mór, Matheus Machado dos Santos*

Este artigo trata sobre tecnologias 4.0 aplicadas para a produção de frutas, identificando os principais desafios para sua aplicação e apontando possíveis caminhos para a evolução das tecnologias em relação aos problemas enfrentados na produção de frutas. Aborda também como a inteligência artificial se tornou uma ferramenta importante para utilização em pomares e um *case* que aplica tecnologias de precisão na área.

Para isso, o trabalho traça um paralelo com o segmento de produção de grãos, apresenta as tecnologias atualmente presentes na fruticultura, as principais tecnologias com potencial de utilização, e por fim apresenta um *case* em que tecnologias de inteligência artificial, visão computacional e análise de dados são utilizadas na produção de maçãs.

Tecnologias para Agricultura de Precisão

Atualmente diversas técnicas produtivas são aplicadas em todos os setores de produção agrícola, desde tecnologias rudimentares como a utilização de uma simples ferramenta manual para escavar o solo, até sofisticadas máquinas autônomas. A agricultura de precisão baseia-se na utilização de informações provindas do campo de produção,

adquiridas por meio de sensores e equipamentos com capacidade (qualidade e/ou quantidade) superior à de um ser humano. Essas informações são processadas e entregues aos produtores permitindo um melhor gerenciamento e manejo da propriedade.

A agricultura de precisão pode ser definida como uma estratégia na qual o produtor rural pode variar o uso de insumos e as práticas de cultivo de acordo com a variabilidade do solo e da cultura agrícola utilizada. Os dados coletados e processados permitem compreender melhor os processos e fatores que afetam o desenvolvimento e a produção das plantas no ambiente de cultivo. Com isso, o produtor tem a possibilidade de melhorar a gestão dos recursos, além de otimizar tanto a aplicação dos insumos como as intervenções a serem realizadas (BASSOI *et al.*, 2014).

Fruticultura

A Fruticultura é um ramo dentro do setor agrícola que se dedica ao cultivo de plantas frutíferas, visando a produção de frutas para o consumo próprio ou para a comercialização com destino ao consumo *in natura* ou processadas pela indústria na forma de sucos, néctares e doces. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, superado apenas pela China e Índia (GERUM, 2019). O Brasil possui destaque na produção de citros, banana, cacau e maçã (VIDAL, 2021). No Brasil, a fruticultura ocupa uma área de 2 milhões de hectares (PNDF, 2018) que produzem aproximadamente 43 milhões de toneladas de frutas, gerando grandes resultados para o setor agrícola (CARVALHO *et al.*, 2019).

As plantas frutíferas podem ser classificadas de acordo com o clima em que se desenvolvem, podendo ser: tropicais, subtropicais ou temperadas. Plantas consideradas tropicais se desenvolvem em zonas tropicais do planeta, como exemplo podemos citar a bananeira, o cajueiro e o mamoeiro, ao passo que as de clima temperado possuem

como característica a queda de suas folhas durante o inverno, tendo-se como exemplo o pessegueiro, a videira, a macieira e a ameixeira. Já as plantas de clima subtropical, localizam-se em regiões de clima subtropical em que as temperaturas são amenas, porém não apresentam o comportamento de perder suas folhas no inverno, a exemplo das plantas cítricas e do abacateiro.

Atualmente, com o avanço de pesquisas e dos conhecimentos adquiridos sobre condução de pomares e principalmente sobre melhoramento genético, desenvolveu-se condições para o cultivo de espécies tropicais e temperadas em regiões cujo clima é caracterizado como subtropical, viabilizando seu cultivo comercial em regiões antes não aptas para estas espécies (PEREIRA; KAVATI, 2011). Essas descobertas levaram a um grande aumento de produção de frutas sem que houvesse a necessidade de expandir a sua área, além de permitir uma redução no uso de insumos e um grande incremento de produtividade.

Tecnologia em grãos e Fruticultura

A agricultura de precisão tem alcançado um grande número de adeptos na produção de grãos. Isso se deve à evolução tecnológica a partir da necessidade de equipamentos mais sofisticados para desenvolver atividades de preparo do solo e aplicação de insumos de forma mais eficiente. Neste sentido, é possível verificar grandes diferenças entre o setor de grãos, fibras e culturas energéticas (cana-de-açúcar), em relação à fruticultura. O primeiro apresenta a viabilidade de seu negócio por meio do aumento do volume bruto produzido, a fruticultura assemelha-se a este modelo “industrial”, no caso do suco concentrado, pois suas características podem ser facilmente modificadas através da indústria. Entretanto, quando se trata de frutos para consumo *in natura*, essa forma de conduzir

a produção sem se atentar às variabilidades pode não ser eficiente (GEBLER, 2020).

Nas plantações em grãos, as plantas recebem um tratamento coletivo, enquanto na fruticultura os tratamentos são específicos de cada espécie. Além disso, na fruticultura existem diversas operações específicas como, por exemplo, o transplante, a poda, a enxertia e o raleio, ou seja, o trabalho é realizado planta a planta. Esses desafios podem gerar para a produção de frutas um Valor Bruto de Produção (VBP) até 20 vezes superior ao cultivo tradicional, por exemplo a soja resulta em R\$ 3.230 VBP/hectare, já a uva de mesa gera R\$ 66.815 VBP/hectare (GOMES, 2017).

Apesar de ser um setor de suma importância para a agricultura brasileira, a fruticultura não experimenta a mesma evolução tecnológica de outros setores do ramo, a exemplo da produção de grãos. A agricultura digital é uma realidade para os produtores de grãos que utilizam as tecnologias 4.0 para aumentar o rendimento, reduzir a necessidade de mão de obra, diminuir a utilização de insumos a favor de uma agricultura mais eficiente e com menor impacto ambiental. Para auxiliar a tomada de decisão no manejo a campo, podem ser empregados métodos computacionais de alto desempenho, utilização de sensores, conectividade entre dispositivos móveis, computação em nuvem, métodos e soluções analíticas para processar grandes volumes de dados (MASSRUHÁ *et al.*, 2017).

Um estudo realizado em 2018 concluiu que o ambiente rural brasileiro tem um potencial de ganho econômico entre US\$ 5,5 bilhões e US\$ 21,1 bilhões, dependendo do grau de adesão às novas tecnologias, sendo os principais eixos de impacto da Inteligência Artificial na atividade rural: a produtividade e eficiência, gestão de equipamentos, gestão de ativos/animais e produtividade humana (MCKINSEY, 2018). Dentro do meio agrícola, podem ser utilizados sensores e drones para monitoramento meteorológico e do solo, controlando umidade, temperatura ambiente, nutrientes e

consumo de água. A área plantada poderá ser acompanhada para a identificação de pragas e doenças, garantindo sua rápida correção. O acompanhamento individual de cada talhão permite avaliar a aptidão do solo a cada cultura e otimização do plantio (MILANEZ *et al.*, 2020).

Desafios de aplicar tecnologia de precisão em pomares

Inúmeros desafios são encontrados quando se trata de tecnologia para pomares principalmente por ser um ambiente coberto por obstáculos, que bloqueiam o sinal de rádio e escondem informações, dificultando a atuação das tecnologias. Esta situação não é encontrada na agricultura de grãos, no geral, e pode ser considerada como um dos motivos das tecnologias para pomares não terem avançado com a mesma velocidade que as tecnologias aplicadas à agricultura de grãos. Exemplos:

- Comunicação

Um dos desafios para a aplicação de tecnologias Agro 4.0 em pomares de frutas é a dificuldade de comunicação devido à alta densidade de plantas. Isso impede o acesso à internet, a transmissão dos dados e o acompanhamento das atividades do trator em tempo real. Como resultado, dificulta a utilização de algumas tecnologias como o GPS e muitas vezes obriga o armazenamento das informações coletadas para posteriormente transmissão quando for alcançado um local com acesso à internet.

- Oclusão

Imagens aéreas são largamente utilizadas nas produções de monocultura de grãos, como soja e trigo, gerando informações importantes para a tomada de decisão na produção. Entretanto,

na produção de frutas, as imagens aéreas não conseguem um bom desempenho, as copas das árvores, redes de proteção contra granizo ou estufas impedem a visão de dentro do pomar, impossibilitando usar as imagens aéreas para o auxílio na tomada de decisão do dia a dia.

As copas das árvores densas impedem a visão clara dos frutos, pois as folhas se sobrepõem aos frutos, realizando oclusão. Sendo assim, as técnicas que utilizam câmeras, ou os próprios produtores realizando contagens manuais, são dificultados pela grande densidade foliar das árvores.

- Localização

Diferentes tecnologias podem ser utilizadas para a localização de veículos ou máquinas em pomares, sendo as principais GPS, TAGS Visuais e RFIDs.

- O GPS (*Global Positioning System*) é o nome do sistema que fornece medidas de posição e velocidade de um ponto na superfície do planeta. Satélites orbitando a Terra enviam sinais de rádio de maneira ininterrupta, esses sinais são captados por um equipamento GPS que utiliza o sinal de pelo menos três satélites diferentes e assim consegue obter sua localização em tempo real. Se quatro ou mais satélites são recebidos pelo GPS além de sua posição, também é possível adquirir sua velocidade de deslocamento (EMBRAPA TERRITORIAL, 2018). A principal vantagem da utilização de GPS para localização em pomares é seu baixo custo, baixo consumo de energia e tamanho reduzido, permitindo a fácil fixação em qualquer veículo, além disso seu protocolo de comunicação é largamente utilizado o que permite uma fácil comunicação com outros equipamentos para obtenção dos dados de posição e velocidade. A principal desvantagem da utilização de GPS em pomares é o baixo sinal obtido pelo equipamento devido

aos obstáculos do pomar (árvores, telas e postes), dificultando e até mesmo eliminando os sinais recebidos pelo GPS. Para solucionar esse problema em geral são utilizados postes ou suportes mais elevados para a fixação do GPS no veículo, facilitando a captação dos sinais de rádio pelo GPS, além disso, mais de um equipamento podem ser instalados em um mesmo veículo, permitindo assim a redundância dos dados recebidos.

- TAGS Visuais são imagens que podem facilmente serem captadas por um sistema de visão com câmera que permite a identificação de uma TAG específica, cuja localização no pomar é conhecida. Sendo assim, TAGS podem ser fixadas em pontos desejados de um pomar, e quando um veículo equipado com um sistema de visão passar, pode descobrir sua localização (PFROMMER *et al.*, 2019). As principais vantagens de utilização das TAGS visuais são seu reduzido custo (dependendo da quantidade de TAGS necessárias), possibilidade de serem reutilizadas em outros pontos do mesmo pomar, e não depender de um sinal externo como sinal de rádio (GPS) ou energia elétrica. A principal desvantagem da utilização das TAGS é a oclusão visual, qualquer obstáculo (folhas ou galhos) que se posiciona entre a TAG e a câmera de identificação pode comprometer a leitura da TAG, assim como as variações de luzes e posição solar, que podem impedir a correta leitura da TAG.

- RFID é a tecnologia de identificação por rádio frequência (*Radio Frequency Identification*), na qual etiquetas, passivas ou ativas, podem ser lidas por um sensor sem contato, apenas pelo sinal de rádio transmitido pela etiqueta. Assim, etiquetas podem ser fixadas em partes específicas do pomar e quando um veículo equipado com um leitor de RFID se aproximar da etiqueta, saberá sua localização (KOENIGKAN, 2009). Sistemas como esses também são utilizados no transporte de cargas e na identificação de veículos em pedágios. As vantagens da utilização de

RFID são a sua durabilidade, pois as etiquetas passivas não necessitam de fonte de energia, sendo alimentadas pelo próprio leitor, e a facilidade de utilização, o protocolo de comunicação é muito utilizado, e facilmente o leitor identifica as etiquetas, além de ser possível editar a memória das mesmas, corrigindo eventuais erros de instalação. As principais desvantagens da utilização de RFID é o elevado preço do leitor, além disso necessitam de grandes antenas para realizar a leitura das etiquetas.

- Problemas específicos às culturas frutíferas

Os produtores de frutas têm um problema para identificação do momento ideal para realizar certas atividades no pomar. Por exemplo, a atividade de raleio químico, que vai definir a quantidade de frutas produzidas; se for realizada muito cedo, pode acabar reduzindo drasticamente a quantidade de frutas produzidas, pois é responsável por derrubar as frutas das árvores. Entretanto, se for realizado muito tarde, não vai surtir efeito e as frutas produzidas não vão se desenvolver, diminuindo a qualidade da produção.

Outro momento importante é a tomada de decisão frente a alguma contaminação ou doença. Atualmente os produtores realizam um trabalho preventivo evitando que qualquer doença atinja o pomar, pois, caso a doença se desenvolva, a produção pode ser completamente comprometida. Esse trabalho preventivo, acaba aumentando muito o custo da produção, pois certas aplicações de produtos são realizadas desnecessariamente.

Outro problema referente à produção de frutas vem da pequena janela de tempo para a colheita, necessitando de um preparo e organização para não desperdiçar recursos produzidos, informações precisas de quando e onde começar a colher, assim como quantos trabalhadores são necessários e como transportar todos os equipamentos e recursos dentro do prazo estimado.

Motivações para o desenvolvimento da tecnologia

- Problemas a serem resolvidos

Na fruticultura, em geral, as plantas necessitam de tratamento específico, diferente de uma grande plantação de apenas uma cultura. Por exemplo, em um pomar de maçãs, as árvores são distribuídas em linhas, e essas linhas possuem uma alternância de cultivares, permitindo assim uma melhora na produção. Com isso, surgem problemas no tratamento das plantas, necessitando de insumos diferentes em etapas diferentes da produção, além de uma logística e preparação para o cuidado do pomar.

Outro problema que a heterogeneidade do pomar traz, é que o acompanhamento da produção fica muito limitado, segundo produtores de maçãs da cidade de Vacaria, geralmente contagens manuais são realizadas em árvores aleatórias do pomar, representando cerca de 1% da produção (COUTO *et al.*, 2017). Essas contagens são utilizadas para controlar as etapas realizadas durante a produção, sendo elas o volume e a quantidade de aplicações de insumos, raleio químico e manual, colheita e transporte de produtos e trabalhadores. A falta de informações mais precisas do pomar pode levar a falhas nas tomadas de decisão, que em certas etapas necessitam de agilidade. No raleio de macieiras, por exemplo, se aplicado de maneira incorreta pode comprometer toda uma safra em apenas uma semana de decisão errada.

Além das contagens realizadas, as informações do clima são fundamentais para o controle de um pomar, dados de estações meteorológicas devem ser utilizados para prever se o clima irá colaborar com alguma aplicação de produtos, se a temperatura e umidade são adequadas para a etapa do processo, assim como prever uma eventual falta prolongada de chuvas e chuvas em excesso.

- Olho do dono

Algumas tecnologias para o gerenciamento de pomares podem ser utilizadas para reduzir os problemas na produção de frutas. Um produtor, dependendo do tamanho da sua área, não consegue monitorar todas as plantas, com isso ele necessita de algum recurso para obter mais controle de sua produção.

Algumas tecnologias que utilizam visão computacional podem ser utilizadas para acompanhar a produção. Por exemplo, um sistema embarcado em um veículo ou um sistema portátil, utilizado por um funcionário andando no pomar, captura imagens ou vídeos das plantas. Essas informações podem ser utilizadas pelo produtor para a tomada de decisão durante sua produção.

- Base para novas tecnologias

Atualmente a maior parte dos dados coletados de um pomar são realizados por um funcionário percorrendo o pomar e fazendo anotações simplificadas, verificando armadilhas de insetos, analisando a quantidade de produto aplicado nas plantas, verificando o tempo que certos funcionários levam para realizar uma determinada atividade, entre outros. Essas técnicas, não são eficientes para se obter informações da produção de um pomar, pois podem levar a erros e má interpretações das informações.

Diversas tecnologias vêm sendo desenvolvidas para facilitar e melhorar o controle de um pomar. Por exemplo, existem aplicativos e programas de computador que são usados para gerenciar o tempo e a quantidade de produtos utilizados na produção.

Pesquisas são desenvolvidas para que drones e robôs possam percorrer a propriedade coletando informações e utilizando instrumentos para realizar medições e acompanhamento da produção (VENU *et al.*, 2020). Equipamentos fixados em tratores e veículos podem controlar e verificar o andamento das atividades dos

tratores. Essas tecnologias são a base para a evolução da fruticultura de precisão (SAHBA; NOURANI, 2016).

Desenvolvimento da tecnologia

- Panorama da tecnologia

O desenvolvimento de sensores cada vez mais precisos, computadores menores, com menor consumo de energia e maior capacidade de processamento, assim como os avanços nas técnicas de processamento de dados e de inteligência artificial, permitiram a construção de sistemas capazes de realizar leituras precisas e completas de todo o pomar. Esses sistemas representam uma nova era para a fruticultura, chamada Fruticultura de Precisão ou Fruticultura 4.0.

A fruticultura de precisão possibilita o acesso a informações detalhadas de todo o pomar, permitindo a otimização do processo produtivo, reduzindo incertezas de uma forma que não seria possível sem o advento destas tecnologias.

- Processamento de dados GPUs

As unidades de processamento gráfico, do inglês *Graphics Processing Unit* (GPU), também conhecido popularmente como “Placa de Vídeo”, é um equipamento essencial para reproduzir jogos de computador. O mercado de jogos digitais vem crescendo rapidamente, superando a indústria do cinema e chegando à marca dos U\$ 150 bilhões de dólares (REUTERS, 2022).

A demanda dos usuários por jogos cada vez mais realistas possibilitou o desenvolvimento de GPUs de alta performance, provocando uma revolução no mercado, gerando uma disputa entre os fabricantes para desenvolver a GPU mais eficiente. A oferta de GPUs de alta performance e de fácil acesso a pesquisadores permitiu

avanços significativos em outras áreas como a de inteligência artificial e redes neurais.

- Inteligência Artificial e Redes Neurais

As chamadas redes neurais artificiais são técnicas que permitem um sistema computacional aprender a realizar uma determinada tarefa a partir de exemplos fornecidos pelos usuários. Uma aplicação bastante utilizada é para a identificação automática de objetos em imagens. O sistema é capaz de aprender a identificar qualquer objeto desde que sejam fornecidos um número suficiente de exemplos de imagens com as marcações dos objetos que precisam ser identificados, ou seja, que o sistema precisa aprender a identificar.

A capacidade de aprendizagem de uma rede neural está relacionada ao seu tamanho, ou seja, a quantidade de neurônios utilizados. Esses neurônios são organizados em camadas de forma que, quanto mais camadas, maior a sua capacidade de aprendizagem, e maior a exigência computacional, em termos de memória e processamento, para executar a rede neural.

Em meados de 2014, graças ao poder de processamento das GPUs disponíveis, foram possíveis avanços significativos com as chamadas redes neurais profundas, do inglês *Deep Neural Network*, que são redes que podem ultrapassar a marca de centenas de bilhões de neurônios (COOPER, 2021) e possuem alta capacidade de aprendizagem, podendo superar inclusive a capacidade humana em algumas tarefas (DODGE *et al.*, 2017).

- Integração de Tecnologias

Todas essas tecnologias estão disponíveis no meio acadêmico e são utilizadas como ferramentas para resolver diversos problemas. As startups, que são empresas que desenvolvem produtos ou serviços inovadores,

identificam problemas na sociedade e combinam essas tecnologias para desenvolver soluções aplicadas diretamente aos problemas da sociedade. A AuRos Robotics é uma startup que exemplifica a aplicação dessas tecnologias para resolver os problemas da fruticultura.

Case: Tecnologia Fruit Mapping da Auros Robotics

O case descrito a seguir foi desenvolvido no projeto de Inteligência Artificial para Pomares participante do edital Agro 4.0 — ABDI. A startup AuRos Robotics desenvolve uma tecnologia para o monitoramento de pomares de frutas. O sistema reúne técnicas como Visão Computacional, Inteligência Artificial, Internet das Coisas (IoT) e utiliza as mais recentes tecnologias de processamento de dados para gerar informações precisas dos pomares. Com isso, são gerados mapas de quantidade de frutas e mapas de atividades do trator, como trajetórias e velocidade de deslocamento no pomar. Essas informações permitem que o produtor tenha maior controle do pomar e uma melhor estimativa de produção.

O sistema utiliza um conjunto de câmeras instaladas em um trator, que realizam a aquisição dos dados dos pomares durante realização das atividades rotineiras executadas pelos tratores. As imagens são armazenadas na memória do sistema e posteriormente transmitidas para a unidade de processamento de dados. Então a unidade de processamento, através de uma rede neural, identifica as frutas e as conta, gerando um mapa que mostra a distribuição de contagem dessas frutas no pomar. O produtor tem acesso ao mapa de produção, auxiliando assim na tomada de decisões durante todo o processo produtivo.

A Figura 1 apresenta o equipamento de coleta de dados fixado em diferentes tratores. Em geral os equipamentos são fixados nas estruturas já existentes nos tratores (a exemplo de cabines ou reforços estruturais), mas quando necessário estruturas mecânicas próprias são fixadas nos tratores para suportar os equipamentos de coleta de dados.

Figura 1. Equipamento de coleta de dados.



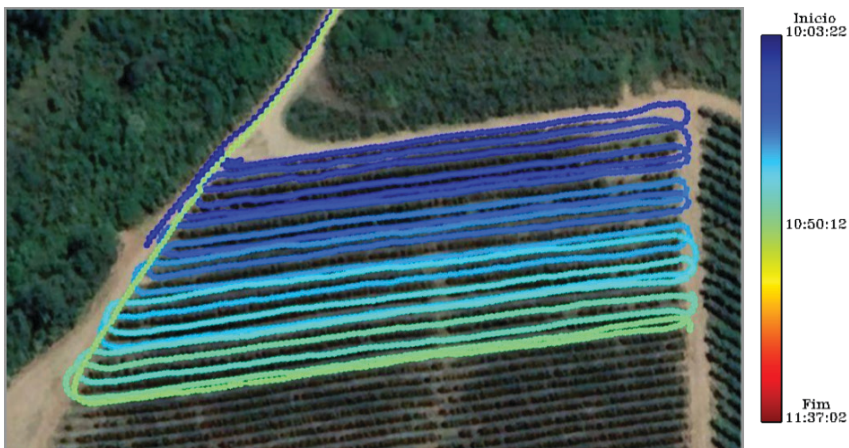
Na Figura 2, observa-se as maçãs sendo identificadas automaticamente pela inteligência artificial, sendo os círculos rosa as maçãs identificadas com uma alta confiança (o sistema sabe que são maçãs) e, os azuis, as maçãs identificadas com uma menor confiança (o sistema acredita ser uma maçã, mas não tem certeza).

Figura 2. Maçãs identificadas automaticamente pela rede neural.



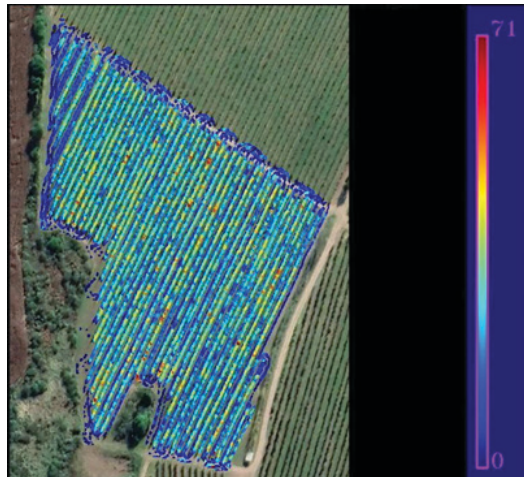
A Figura 3 apresenta a trajetória sendo desenvolvida por um trator utilizando o equipamento de coleta de dados, na qual pode-se observar a atual localização do trator dentro das linhas do pomar (linha vermelha no centro da imagem) e nos lados direito e esquerdo pode-se observar as imagens sendo coletadas pelas câmeras, sendo as câmeras da direita no lado direito e as da esquerda no lado esquerdo da imagem.

Figura 3. Exemplo de trajetória de trator com coleta de dados.



A Figura 4 apresenta a contagem de frutas de um talhão do pomar, na qual pode-se observar que o trator percorreu todas as linhas desse talhão, além disso, as cores representam a quantidade de maçãs na região. Sendo que, quanto mais vermelho maior a quantidade de maçãs no pomar, e quanto mais azul, menor a quantidade. Por exemplo, o local em vermelho escuro identificou 71 maçãs. A contagem total identificada neste talhão foi de 390.318 frutos.

Figura 4. Exemplo da quantidade de maçãs mapeadas.



Tecnologias Futuras

Para o futuro, as evoluções naturais dessas tecnologias são esperadas. A busca por melhores equipamentos para a coleta dos dados, componentes que consumam menos energia e que tenham maior qualidade são avanços usuais de ocorrerem. Em relação aos softwares, o desenvolvimento e melhorias ocorrerão principalmente nas redes neurais, permitindo que inteligências artificiais identifiquem com maior facilidade e precisão as frutas, danos e defeitos, além de doenças e pragas que existam na plantação. Tudo isso, ainda sem considerar as adequações dessas tecnologias para sua utilização em diferentes culturas frutíferas como: citros, manga, maracujá e uva, também são esperadas.

Com base nessas tecnologias que já são realidade na fruticultura, é possível perceber que um passo importante e lógico ao setor é a automatização dos processos realizados durante a produção das frutas. Dessa forma, em um futuro próximo, a utilização de equipamentos autônomos e plataformas robóticas visando o plantio, manejo e colheita de frutas em pomares e fazendas serão realidade.

Conclusão

Diversos avanços com tecnologias de precisão Agro 4.0 aplicadas à agricultura de grãos foram realizados nos últimos anos. Percebe-se que a fruticultura não acompanhou este avanço nas mesmas proporções. Acredita-se que um dos fatores que impediu este avanço foram os desafios inerentes ao pomar que exigem soluções específicas e mais avançadas. Entretanto, essas tecnologias já estão disponíveis no meio acadêmico e cabe às startups e empresas inovadoras aplicá-las para produção de frutas.

Este processo já vem ocorrendo, o case da tecnologia Fruit Mapping da AuRos Robotics é um exemplo. Entretanto ainda existem barreiras para a aderência dessas tecnologias principalmente por serem soluções que revolucionam a forma tradicional de cultivo e manejo dos pomares, além de serem soluções que ainda não estão largamente válidas e consolidadas entre os produtores. Logo, entende-se que a divulgação e difusão destas tecnologias, tanto no agro como na sociedade em geral, é de fundamental importância para permitir que novas tecnologias sejam desenvolvidas e, com isso, obter uma produção cada vez mais eficiente de frutas.

Referências Bibliográficas

BASSOI, L. H.; MIELE, A.; REISSER JÚNIOR, C.; GEBLER, L.; FLORES, C. A.; FILIPPINI ALBA, J. M.; NASCIMENTO, P. D. S. *et al.* (2014). Agricultura de precisão em fruticultura. Embrapa Clima Temperado-Capítulo em livro científico (ALICE).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano nacional de desenvolvimento da fruticultura. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-lanca-plano-de-fruticultura-em-parceria-com-o-setor-privado/PlanoNacionaldeDesenvolvimentodaFruticulturaMapa.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2022.

CARVALHO, C.; KIRST, B. B.; BELING, R. R. Anuário brasileiro de horti&fruti 2020. Editora Gazeta Santa Cruz, Santa Cruz do Sul, 2019.

COOPER, Kindra. 1º de Novembro de 2021, OpenAI GPT-3: Everything You Need to Know Disponível em: <https://www.springboard.com/blog/ai-machine-learning/machine-learning-gpt-3-open-ai/> Acesso em: 03 fev. 2022.

COUTO, M. F. *et al.* Metodologia de avaliação de danos em maçã: PROAGRO. Documentos (2017).

DODGE, S.; LINA, K. A study and comparison of human and deep learning recognition performance under visual distortions. 2017 26th international conference on computer communication and networks (ICCCN). IEEE, 2017.

EMBRAPA TERRITORIAL. GPS — Global Positioning System. Campinas, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/gps>. Acesso em: 30 jun. 2022

GBLER, L. (2020). Você está pronto para a fruticultura de precisão? Embrapa Uva e Vinho-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E).

GERUM, A. D. A.; SANTOS, G. S.; SANTANA, M. D. A.; SOUZA, J. D. S.; CARDOSO, C. E. L. (2019). Fruticultura tropical: potenciais riscos e seus impactos. Embrapa Mandioca e Fruticultura-Documents (INFOTECA-E).

GOMES, M. Fruticultura é aposta para elevar valor bruto da produção. Apucarana PN, Prefeitura de Apucarana, Secretaria de Agricultura do Paraná, 2017. Disponível em: <http://www.apucarana.pr.gov.br/site/fruticultura-e-aposta-para-elevar-valor-bruto-da-producao/> Acesso em: 09 jan. 2022.

KOENIGKAN, L. V.; NARCISO, M. G. Aplicações da tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) na pesquisa e produção agropecuária. Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 7. Viçosa, MG: UFV, 2009.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. D. A. (2017). Agro 4.0- rumo à agricultura digital. In: Embrapa Informática Agropecuária-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: MAGNONI JÚNIOR, L.; STEVENS, D.; SILVA, WTL da; VALE, J. M. F do; PURINI, S. R. de M.; MAGNONI, M. da G. M.; SEBASTIÃO, E.; BRANCO JÚNIOR, G.; ADORNO FILHO, E. F.; FIGUEIREDO, W. dos S.; SEBASTIÃO, I. (Org.). JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: mobilizar o conhecimento para alimentar o Brasil. 2. ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017.

MCKINSEY; FUNDAÇÃO CPQD; PEREIRA NETO | MACEDO. Produto 9A. Relatório Final do Estudo Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil. [S.l.]: BNDES; MP; MCTI, jan. 2018. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/d22e7598-55f5-4ed5-b9e5-543d1e5c6dec/>

produto-9A-relatorio-final-estudo-de-iot.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m5WVild? Acesso em: 11 jan. 2022.

MILANEZ, A. Y.; MANCUSO, R. V.; MAIA, G. B. D. S.; GUIMARÃES, D. D.; ALVES, C. E. A.; MADEIRA, R. F. (2020). Conectividade rural: situação atual e alternativas para superação da principal barreira à agricultura 4.0 no Brasil.

PEREIRA, F. M.; KAVATI, R. (2011). Contribuição da pesquisa científica brasileira no desenvolvimento de algumas frutíferas de clima subtropical. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33, 92-108.

PFROMMER, B.; KOSTAS, D. TagSlam: Robust slam with fiducial markers. arXiv preprint arXiv:1910.00679 (2019). Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1910.00679>. Acesso em: 04 fev. 2022.

REUTERS, 2 fevereiro de 2022, Mercado de games deve ultrapassar US \$150 bilhões em transações e IPOs em 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/pop-arte/games/noticia/2022/01/31/mercado-de-games-deve-ult-rapassar-us-150-bilhoes-em-transacoes-e-ipos-em-2022.ghtml>. Acesso em: 03 fev. 2022.

SAHBA, F.; NOURANI, Z. Smart tractors in pistachio orchards equipped with RFID. World Automation Congress (WAC), 2016, pp. 1-6, Disponível em: DOI: 10.1109/WAC.2016.7582995.

VENU, S. P. N.; SHETTY, A. N.; SACHAN, O. An Automatic Drone to Survey Orchards using Image Processing and Solar Energy. 2020 IEEE 17th India Council International Conference (INDICON), 2020, pp. 1-7, Disponível em: DOI: 10.1109/INDICON49873.2020.9342453.

VIDAL, M. de F. PRODUÇÃO COMERCIAL DE FRUTAS NA ÁREA DE ATUAÇÃO DO BNB, Fortaleza CE, Caderno Setorial ETENE ano 6, n° 168 junho 2021. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/822/1/2021_CDS_168.pdf. Acesso em: 09 jan. 2022.

10) Monitoramento da umidade do solo para manejo da irrigação

Fabiane Kuhn, Dionata Filippi

Introdução

A agricultura está presente em nosso cotidiano, no nosso alimento, na nossa bebida e até mesmo na nossa vestimenta. Quando falamos de produções agrícolas, diversos aspectos devem ser levados em consideração para que se tenha boas safras e alta rentabilidade nas lavouras, sendo que um dos principais pontos está relacionado com a quantidade de água disponível no solo para uso das plantas. Essa água pode ser suprida de forma natural, através da chuva, ou através da prática chamada irrigação, que visa suprir a deficiência total ou parcial de água para as plantas.

A irrigação possibilita diversas vantagens para os produtores. A irrigação permite o aumento da produtividade entre duas e três vezes em relação à produção em sequeiro, permitindo um aumento de renda dos agricultores e a redução dos riscos de produção, que fica menos dependente de aspectos climáticos (BRASIL, 2021). Outro grande benefício do uso da irrigação é a possibilidade de produção durante todo o ano, cultivando até três safras anuais e aumentando a oferta regular de alimentos como trigo, batata e feijão.

O Brasil é um grande produtor de alimentos, referência no mundo todo, e o mesmo ocorre nas práticas de irrigação. O país possui mais de 8,2 milhões de hectares irrigados e fertirrigados, e, de acordo

com o levantamento da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico publicado no Atlas Irrigação de 2021, espera-se até 2040 uma incorporação de 4,2 milhões de hectares nesse total (BRASIL, 2021). Esse crescimento em áreas irrigadas está totalmente relacionado com a crescente demanda de produção de alimentos e, nesse contexto, a incorporação de tecnologia é fundamental, permitindo a maximização da produção de alimentos com maior eficiência de uso dos recursos hídricos e energéticos.

Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), para atender ao crescimento populacional, a produção mundial de cereais terá que aumentar cerca de 1 bilhão de toneladas até o ano de 2030. Assim, a tecnologia no campo será cada vez mais difundida, com o intuito de auxiliar no aumento do rendimento de grãos. Contudo, as tecnologias não têm o papel somente de ajudar a suprir essa demanda com maiores produções, mas também para otimizar as tomadas de decisões, além de garantir maior segurança nas operações. Cerca de 67% dos agricultores brasileiros já estão utilizando algum tipo de tecnologia hoje e a tendência é aumentar esse número para os desafios futuros de segurança alimentar.

Para que se tenha maior assertividade na tomada de decisão em relação à irrigação, é fundamental conseguir mensurar de forma assertiva a quantidade de água disponível para as plantas, e relacionar esse valor com o ciclo de desenvolvimento da cultura. Para ajudar os produtores nesses aspectos, algumas tecnologias que se propõem a monitorar a umidade do solo em tempo real e indicar o momento e a necessidade de água são fundamentais para otimizar a prática da irrigação. Além da umidade do solo, são integrados dados de solo, de clima, da cultura a campo, do sistema de irrigação, tudo isso visando obter o melhor entendimento de quando e quanto irrigar, informação importante para evitar perdas em campo. A adoção de ferramentas e tecnologias para o correto manejo da irrigação promove uma produção mais sustentável, tanto pelo aspecto ambiental quanto financeiro e operacional.

Um caso de sucesso (Fazenda Sama + Raks Tecnologia Agrícola + Antonio Vieira no Oeste Baiano)

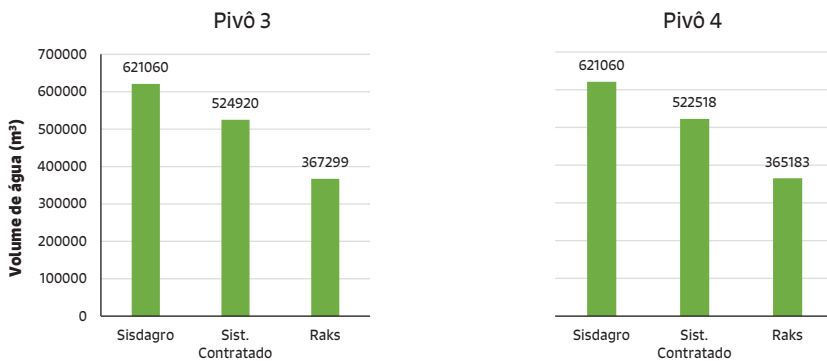
A Agropecuária Bergoli, localizada na cidade de Luís Eduardo Magalhães — Bahia, é responsável pela produção de grãos em 1.200 hectares irrigados por 12 pivôs centrais na Fazenda Sama, possuindo grande representatividade na região. A produção ocorre de forma intensiva, intercalando safras de soja, milho e trigo. Além da produção de alimentos, a propriedade possui 28% de sua área como reserva natural preservada, contribuindo ativamente para a preservação do meio ambiente. A propriedade está sediada sobre solos arenosos, e devido a maior propensão à degradação ambiental, como a erosão, que essa classe de solo impõe, a fazenda utiliza práticas conservacionistas, como o plantio direto e curvas de nível. Os solos arenosos possuem baixa capacidade de agregação, limitando o armazenamento e disponibilidade de água para as plantas. Nesse sentido, a Fazenda Sama possui extensa consciência da importância do manejo racional da irrigação, especialmente em sistemas intensivos de produção, buscando otimizar o uso do recurso hídrico aliado a bons rendimentos da produção.

Para realização do monitoramento da umidade do solo, foram instalados sensores de umidade em diferentes pontos da área irrigada. A umidade do solo foi monitorada nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade. O período monitorado compreendeu o ciclo do milho, do momento da implantação da cultura (27/03/2021) até o fim do período que necessitava de irrigação (16/08/2021). Por meio das informações coletadas, foi calculado o volume de água aplicado via irrigação por aspersão em cada talhão, denominados de Pivô 3 e Pivô 4 (ambos com área de 103,51 hectares cada). Diversos fatores, como o clima e características de solo afetam o desenvolvimento e o rendimento da cultura do milho. Por isso, nem sempre comparações entre dois talhões vizinhos expressam a verdadeira diferença obtida em função do uso de uma tecnologia. Dessa maneira, para uma comparação mais próxima da realidade, foi adotado o

seguinte critério: realização do monitoramento da umidade do solo durante toda a safra e cálculo do volume de água que deveria ser aplicado via irrigação na safra caso fosse seguido o manejo de irrigação recomendado com base no novo sistema (da empresa Raks Tecnologia Agrícola). Esse volume de água foi comparado com outras duas ferramentas existentes de indicação de irrigação: (i) balanço hídrico de cultivo do Sisdagro (Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento); e (ii) sistema atual de recomendação de irrigação adotado pela fazenda, com dados baseados em balanço hídrico.

O volume de água necessário em cada pivô irrigado na safra de milho 2021, segundo as diferentes ferramentas de recomendação de irrigação, varia de 621 mil m³ utilizando o Sisdagro a 367 mil m³ utilizando o novo sistema (Figura 1).

Figura 1. Volume de água (m³) necessário para a cultura do milho no Pivô 3 e 4 durante o período de 27/03/2021 a 16/08/2021.



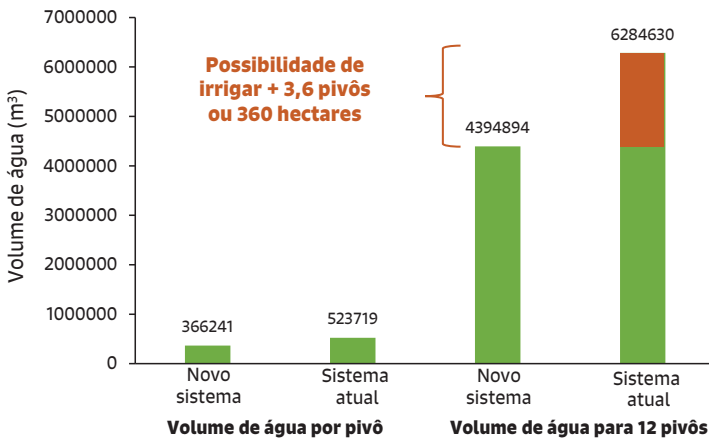
Legenda: O volume de água referente ao Sistema atual refere-se ao volume aplicado na lavoura. Os volumes referentes ao Sisdagro e o Novo sistema referem-se aos volumes supostamente necessários, caso fosse adotada qualquer uma dessas ferramentas de recomendação de irrigação.

Durante o ciclo do milho foram realizadas 58 e 56 irrigações no Pivô 3 e 4, respectivamente. Com a adoção das recomendações do novo

sistema para irrigação, haveria uma redução de 20% na quantidade total de irrigações em cada pivô, passando para cerca de 41 e 39 irrigações nos Pivôs 3 e 4, respectivamente. Essa diminuição no número de irrigações reflete um volume total de água de mais de 300 mil m³ em ambos os pivôs, redução de 30% no volume de água em cada um, 157.621 m³ no Pivô 3 e 157.335 m³ no Pivô 4. Ao comparar o volume de água necessário, segundo o modelo de balanço hídrico do Sisdagro com o Novo sistema de recomendação, esse volume é ainda maior. Seriam economizados cerca de 41% no volume de água, ou seja, seriam economizados, em média, cerca de 254.819 m³ de água em cada pivô.

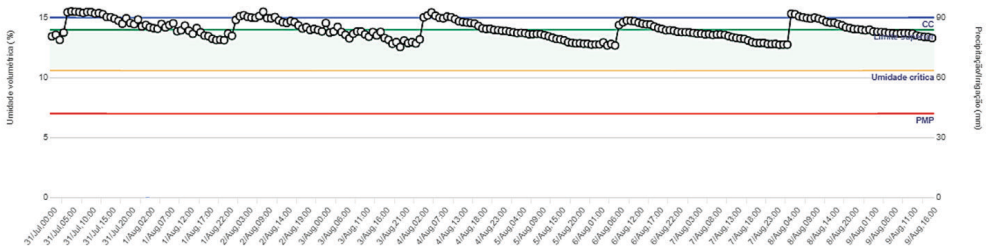
Extrapolando o consumo médio de água dos Pivôs 3 e 4 para os 12 pivôs centrais localizados na Agropecuária Bergoli, e, considerando a redução média no consumo de água ao adotar o novo sistema de monitoramento da umidade do solo, poderia ocorrer uma redução no consumo de água de 1.889.737 m³ (Figura 2). Esse volume de água economizado ao adotar uma nova ferramenta de monitoramento da umidade do solo, e, a partir disso, tomar a decisão de acionar ou não o sistema de irrigação, seria capaz de irrigar mais 3,6 pivôs centrais iguais aos existentes atualmente na fazenda, compreendendo uma área de 360 hectares.

Figura 2. Volume médio de água aplicado em um pivô central e volume total de água necessário para 12 pivôs centrais localizados na Fazenda Sama.



A Figura 3 representa o monitoramento da umidade do solo no Pivô 3, durante determinado período (31/07/2021 a 9/08/2021). Buscando a melhor eficiência de utilização da água pelas plantas, o novo sistema de irrigação recomenda realizar a irrigação quando a umidade do solo, medida pelos sensores e indicada na plataforma, atinge o limite crítico (representado pela linha laranja na imagem).

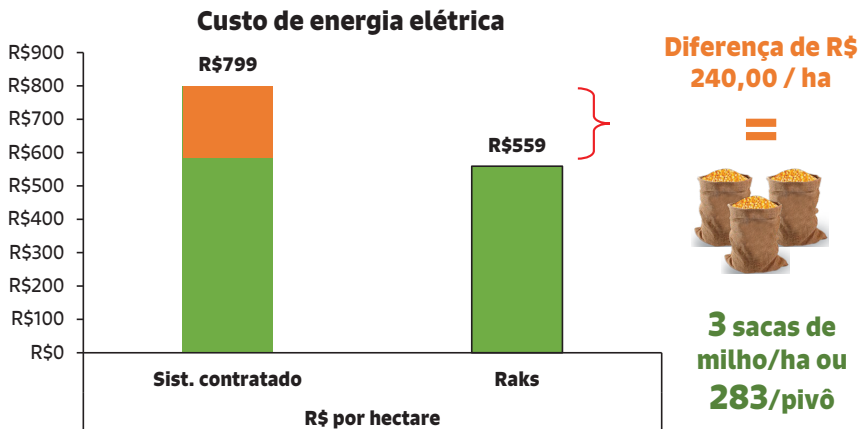
Figura 3. Sistema de monitoramento da umidade do solo horário através de sensores de umidade do solo TDR.



Legenda: Linha contínua azul indica o valor de capacidade de campo (CC), linha laranja indica a umidade crítica e linha vermelha indica o ponto de murcha permanente (PMP). Linha com marcadores pretos indica a umidade volumétrica do solo obtida pelo sensor de umidade.

Ao mensurar o custo de energia elétrica referente ao montante de água necessário para a cultura do milho indicado pelo novo sistema de recomendação de irrigação, é possível observar uma economia média de energia de R\$ 24.882,00 por pivô central (Figura 4). A Figura 4 mostra o custo médio de energia elétrica por hectare irrigado, apresentando uma diferença média de R\$ 240,00/ha. Convertendo em produto agrícola, corresponde a cerca de 3 sacas de milho por hectare (valor da saca de milho de 60 kg de R\$ 88,00). Logo, com o novo sistema, seria possível obter, em média, 283 sacas de milho a mais no mesmo pivô central somente pela economia de energia elétrica através do uso racional da irrigação.

Figura 4. Custo médio de energia elétrica por hectare irrigado na safra de milho 2021 em Luis Eduardo Magalhães — Bahia.



Legenda: Valores considerados para kW/h = R\$ 0,40 e saca de milho (60 kg) = R\$ 88,00.

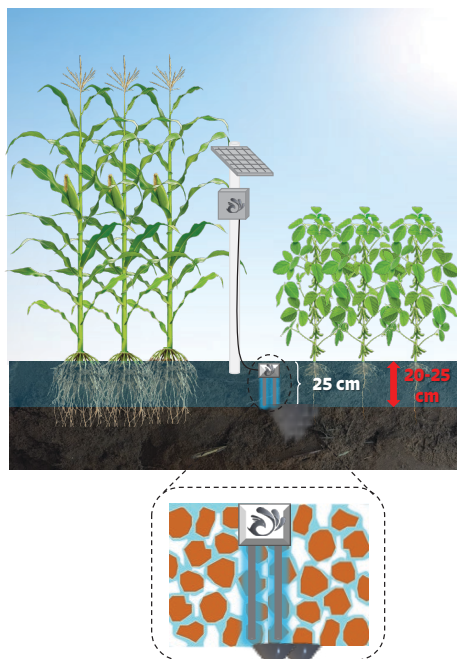
Monitoramento da umidade do solo através de sensores

A determinação da umidade do solo é fundamental para o bom manejo da irrigação, além de definir o momento ideal para as operações mecanizadas, evitando, por exemplo, a compactação do solo. O teor de água no solo pode ser mensurado via métodos diretos ou indiretos, que apresentam variações quanto ao custo de aquisição, tempo de leitura e precisão das mensurações. Os métodos diretos de mensuração, são, de maneira geral, difíceis de serem aplicados em grande escala em nível de campo, devido às dificuldades operacionais intrínsecas a eles. Um exemplo de método direto é através da secagem de uma amostra de solo, obtendo a umidade pela relação entre a massa de solo úmido e a massa de solo seco. A replicação dessa metodologia na rotina das propriedades pode-se tornar difícil, devido à necessidade de uma frequente coleta de amostras de solo e do tempo de secagem para obtenção do teor de água no solo.

Os métodos indiretos são boas opções para substituir os métodos diretos. Dentre eles, encontram-se os tensiômetros, sonda de nêutrons, sensores FDR (Reflectometria no Domínio da Frequência) e sensores TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo). Os sensores TDR, atualmente, são as ferramentas disponíveis com melhor precisão para verificar pequenas mudanças na quantidade de água no solo. O princípio de funcionamento TDR envolve medir o tempo de viagem de uma onda eletromagnética ao longo de uma haste até chegar no solo e ser refletida. O tempo e a velocidade dessas ondas dependem da permissividade dielétrica da matriz solo (fase sólida, água e ar). A água (aproximadamente 80) possui uma permissividade muito maior que o solo (geralmente entre 3 e 5) ou ar (1), por isso a permissividade é controlada pelo conteúdo de água no solo, possibilitando a determinação do conteúdo volumétrico de água no solo com precisão.

Os sensores com tecnologia TDR apresentam vários benefícios frente aos métodos indiretos regularmente utilizados em campo, sendo eles: precisão acima de 95% na determinação do conteúdo volumétrico de água no solo; facilidade de calibração, podendo ser calibrado para a condição de solo onde será instalado ou até sem necessidade de calibração local desde que utilizada uma equação ajustada para a condição de uso; boa resolução temporal, possibilitando o monitoramento contínuo da água no solo através de leituras instantâneas e frequentes; facilidade para obtenção das leituras, sem necessidade de ir até o campo onde encontra-se o sensor de umidade; além de não trazer risco à saúde do operador. Nesse sentido, a utilização do sensor em uma profundidade no solo onde estão localizadas a maior parte das raízes que absorvem água e nutrientes, aumenta a assertividade na determinação do conteúdo de água disponível para as plantas (Figura 5).

Figura 5. Sensor TDR monitorando a umidade do solo na cultura do milho (esquerda) e soja (direita).



Legenda: A barra azul representa a área de maior absorção de água e nutrientes pelas raízes (cerca de 25 cm de profundidade). A água disponível para as plantas está retida nos agregados do solo (microporos), por isso é necessária uma boa precisão do sensor para a correta determinação do conteúdo volumétrico de água no solo.

O case, anteriormente citado, utiliza os TDR produzidos pela fornecedora, o que permite o entendimento da dinâmica da água nas diferentes condições de solo e manejo das lavouras, gerando informações para recomendação de lâmina e frequência de irrigação.

Considerações finais sobre os reflexos da adoção dessa tecnologia

É possível observar que o uso da tecnologia na irrigação definitivamente veio para ficar, trazendo a diferença no bolso e na rotina dos produtores rurais, por meio de equipamentos simples e que permitem um real

resultado durante a safra, mas, para que isso se torne uma realidade em todo o país, torna-se necessário apostar em capacitações e estratégias de difusão das tecnologias. Nesse sentido, dentro do mesmo escopo do Edital ABDI Agro 4.0, foi lançado um curso online, intitulado “Fundamentos e Aplicações para o Manejo da Irrigação”, incorporando aspectos do comportamento da água no solo e na planta, da importância dos fatores climáticos, os tipos de irrigação e as formas de manejo. O conteúdo foi consumido por mais de 300 pessoas, levando mais conhecimento relacionado à tecnologia na prática de alimentos. Esse tipo de ação contribuiu para posicionar o Brasil como destaque mundial no setor.

A adoção de tecnologia dentro e fora da porteira faz com que a era da Agricultura 4.0 esteja presente em diferentes escopos do setor, atendendo o pequeno, médio e grande produtor com formas de aumentar as margens e facilitar as práticas do dia a dia. As expectativas para o mercado de irrigação são positivas, prevendo-se o aumento das áreas irrigadas no Brasil e no mundo e, junto com a tecnologia, a água será utilizada de forma cada vez mais eficiente. É importante destacar que não se pode controlar aquilo que não se mede e, por esse motivo, o sensoriamento remoto é uma prática que fará a diferença para que as necessidades da planta e do solo sejam traduzidas aos operadores de campo.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. 2. Ed. Brasília: ANA, p. 130, 2021.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

11) Tecnologias 4.0 para plantadoras de cana-de-açúcar

Djessica Karoline Matte

A importância do setor sucroenergético do Brasil para o Mundo

O setor sucroenergético por definição é o ramo da agroindústria que se responsabiliza pela produção de derivados da cana-de-açúcar. Atualmente o Brasil é o maior produtor do mundo, produzindo em 2021 mais de 609,3 milhões de toneladas (UDOP, 2022).

Ocupando apenas 1,2% do território brasileiro com mais de 90% do cultivo concentrado na região Centro-Sul, a mais de 2 mil quilômetros da Amazônia (ÚNICA, 2022), o setor atua de ponta a ponta, desde o plantio até o beneficiamento, produzindo biocombustível, bioeletricidade, biogás e transformando seus resíduos em irrigação e fertilizantes, como é o caso da vinhaça e torta de filtro. O setor sucroenergético é marcado pela revolução tecnológica com ampliação de práticas sustentáveis e aplicação de melhores práticas em sua cadeia de valor, tornando-se referência como uma agroindústria renovável e limpa, em que tudo que é retirado do solo se transforma em energia e seus resíduos têm suas moléculas retornadas ao meio ambiente de forma sustentável.

Atualmente o setor é responsável por 18% da matriz energética e por 39% da energia renovável ofertada em todo o Brasil. A indústria canavieira apresenta um enorme potencial para substituir com o

etanol parte da importação prevista de combustível fóssil, tendo um potencial de redução de até 90% as emissões de CO₂ quando comparado a gasolina, bem como suprir parte do Sistema Interligado Nacional com a bioeletricidade (ÚNICA, 2022).

Somando a sua cadeia de produção sustentável ao compromisso estabelecido pelo Brasil, o qual prevê um aumento de biocombustíveis na matriz energética nacional, passando dos atuais 28 bilhões de litros de etanol consumidos anualmente, para 50 bilhões de litros em 2030 (UNICA, 2016). O setor sucroenergético entra em foco como modelo de produção voltado para a construção de um futuro mais sustentável.

Apesar do seu potencial e grande contribuição para produção de energias renováveis, o setor sucroenergético passa por enormes desafios. A crescente e já alta rotatividade anual dos colaboradores, aumento dos custos estruturais, pragas de difícil controle, redução no consumo de combustíveis no mercado brasileiro devido à pandemia, os conflitos entre Rússia e Ucrânia que aumentaram consideravelmente os custos dos insumos, bem como os desafios climáticos com o ano de 2021 carregado de incêndios, geadas e secas, causando perda de canaviais e consequente quebras de safras. O setor já vinha com grandes dificuldades, segundo a consultoria especializada na agroindústria brasileira RPA, 6% das usinas brasileiras estão falidas e 22% em situação de recuperação judicial (UDOP, 2020). Este cenário, demonstra a importância de fornecer apoio para o setor se desenvolver e prosperar a fim de cumprir seu papel no fornecimento de energia limpa.

Nesse sentido, a tecnologia é um grande aliado para o fortalecimento e entrega da cadeia de valor do setor, apoiando na redução de custos, aumento de produtividade, eficiência e maior previsibilidade, contribuindo também para a redução de riscos. Sua aplicação se estende desde as atividades industriais e administrativas até o campo, automatizando, controlando, monitorando e interligando as operações com ações de desenvolvimento e aplicação de tecnologias em várias frentes.

Tecnologias aplicadas à agricultura brasileira

A distribuição das aplicações tecnológicas nas diferentes frentes da agricultura é heterogênea e encontra-se em um bom ponto de disseminação. Apesar do processo de modernização da agricultura ter evoluído muito desde a revolução verde¹, principalmente no que tange ao controle sobre seus efeitos, ainda busca o equilíbrio no emprego de tecnologias a fim de aliar os resultados econômicos, controlar e eliminar os efeitos negativos socioambientais gerados.

O incentivo e as exigências pela criação de uma agricultura mais sustentável têm gerado um melhor emprego das tecnologias, possibilitando um aumento de produtividade sem aumento expressivo das áreas de plantio. De acordo com a Embrapa, em apenas 42 anos (1975 a 2017) a produção de grãos passou de 38 para 236 milhões toneladas, crescendo seis vezes, enquanto a área plantada apenas dobrou de tamanho.

Um novo salto de produtividade está acontecendo, pois no campo é possível conferir a convergência tecnológica entre a modernização de máquinas e implementos (Tecnificação agrícola) e conceitos de produtividade baseados em estudos de solo, clima e plantas, atuando em conjunto para o aumento da produtividade, eficiência e redução de custos (Agricultura de precisão) principalmente a partir de aplicações de tecnologias 4.0 que possibilitam integrar as informações agrônômicas aos parâmetros desejáveis de equipamentos com tecnologia embarcada em máquinas e implementos.

Essa evolução tecnológica tanto de modernização da frota como de agricultura de precisão e gestão não ocorre de forma igual entre todas as culturas, regiões do Brasil e tamanho das plantações, sendo

1. A Revolução Verde consistiu na modernização da agricultura em escala global, tendo como base a modificação genética de sementes, maquinários, insumos químicos e fertilizantes o qual foi responsável por provocar diversos impactos socioeconômico e ambientais.

heterogênea na própria cultura, quando comparado unidades produtivas diferentes ou até mesmo quando consideradas operações diferentes dentro da mesma unidade produtiva.

Essa heterogeneidade aumenta o desafio para o Brasil atualizar sua planta de maquinários e implementos agrícolas. Além da grande variabilidade de relevos, modelos de operação, climas, tamanho de propriedades, tipos de solo e diferenças de modelos de gestão, existem os desafios de desenvolvimento para os projetos de tecnificação, pois precisam atender a um número muito grande de requisitos diferentes para possuírem a escalabilidade comercial e assim tornarem-se viáveis, tanto no ponto de vista de resultado como de custo aquisitivo.

A tecnologia ofertada pela iniciativa privada brasileira, em sua maior parte, inicia seu desenvolvimento e implantação em grandes propriedades agrícolas, onde encontra sua viabilidade financeira e escalabilidade comercial, reduzindo assim seu preço de venda e risco de implantação, possibilitando a sua aplicação para toda a agricultura no Brasil. Assim, o grande contribui para o pequeno, em um cenário no qual as grandes propriedades, geralmente, mantêm a balança comercial positiva e fazem crescer o PIB e a agricultura familiar e pequenas propriedades produzem o alimento que serve a mesa dos brasileiros.

O Brasil possui um cenário favorável e fértil para o fortalecimento e crescimento da agricultura, transformando a realidade existente de forma sustentável a partir de seu conhecimento de unidades produtivas, culturas e diferentes operações. Há potencial para suprir parte da demanda crescente mundial por alimentos, biocombustíveis e bioeletricidade, sendo tal processo amparado pela tecnologia, que possui um extenso campo de aplicações e que se disseminará nos próximos anos.

A evolução da tecnologia para plantadoras de cana

A cana-de-açúcar é uma cultura semiperene com colheita anual e longevidade comumente de 4 a 7 anos. O plantio ainda é o maior custo

agrícola da unidade produtora e o ponto de equilíbrio econômico em maior parte ocorre a partir do 3º (terceiro) ano de colheita. Assim, o plantio é a peça-chave da operação agroindustrial, pois é ele que delimita a disponibilidade de matéria-prima para a indústria ou muda para o plantio.

O processo de evolução tecnológica no plantio de cana iniciou com a semimecanização na qual a colheita e o plantio eram realizados manualmente, mas o carregamento, transporte, abertura e fechamento do sulco eram realizados de forma mecânica. Para transpor os desafios da grande necessidade de mão de obra e baixo rendimento operacional, o processo de tecnificação impulsionado ainda em 1975 pelo Proálcool trouxe grandes evoluções para o setor.

A consolidação das colhedoras de cana mecanizadas ocorreu na década de 1990 com sua difusão no mercado. Já as plantadoras mecanizadas tiveram grandes desafios em contemplar várias operações em um único implemento, bem como lidar com o paradigma de como plantar a cana picada, tendo em vista que os rebolo/muda, não são uniformes possuindo comprimentos e quantidade de gemas diferentes. Devido a esta condição, o processo de mecanização do plantio foi um dos últimos a evoluírem tecnologicamente em comparação com outros implementos que fazem parte da estrutura de plantio.

As plantadoras de cana picada mecanizadas tiveram sua entrada no mercado entre 2000 e 2012, com modelos automotrizes e de arrasto, modelo que tomou força no mercado. As plantadoras tinham como objetivo inicial realizar as operações de sulcação, aplicação de insumos, cobrição de forma mecanizada, dosar e depositar a muda no sulco através do operações realizadas pelo operador na cabine da plantadora.

Várias marcas e vários modelos foram colocados no mercado, mas a grande maioria entregava de forma mecanizada as mesmas operações: sulcação, adubação, aplicação de defensivos, distribuição das mudas a partir do operador da cabine da plantadora e aplicação de fungicida juntamente com a cobrição.

Entre os anos de 2014 e 2016 ocorreu mais uma evolução tecnológica com a automação da cabine da plantadora, passando o controle da esteira alimentadora e dosadora de mudas do operador na cabine da plantadora para o sistema hidráulico do trator. Esta evolução possibilitou o aumento da velocidade [DKM1] do plantio, redução o número de operações, a diminuição de erros por intervenções humanas das operações da cabine da plantadora [DKM2], mas aumentou o número de falhas nas linhas de plantio, devido ao nível baixo de controle da operação e exigiu o estabelecimento de requisitos mínimos do fluxo hidráulico do trator.

Já entre 2016 e 2017 uma nova tecnologia começava a ser difundida, na qual as aplicações de tecnologia 4.0 para plantio de cana picada davam seus primeiros passos. O aperfeiçoando do processo de automação da cabine da plantadora com mudança na referência do controle da esteira alimentadora e dosadora do sistema hidráulico do trator para uma antena de georreferenciamento incorporou ao plantio de cana o conceito de agricultura de precisão.

A melhoria contínua de processos e operações, aplicações de agricultura de precisão e a tecnificação agrícola possibilitaram o aumento da produtividade, onde, em 1975, a produção média era de 45 toneladas por hectare, já na década passada esse número girava em torno de 75 t/ha e, atualmente, já se veem propriedades com a produtividade na casa de três dígitos. A tecnologia aliada ao plantio trouxe grandes benefícios e possui ainda muito potencial de evolução.

Tecnologia para plantadoras de cana: Estudo de Caso

O estudo de caso abordado neste capítulo é de tecnologias 4.0 para plantadoras de cana picada. O projeto premiado e acompanhado pela ABDI foi realizado em conjunto com a UNESP de Jaboticabal — Laboratório Lama, a AGTech provedora da solução e a Usina Cerradão que foi a unidade produtiva. Durante o período do estudo

de caso mais de 50 (cinquenta unidades produtivas) que tiveram o projeto PremoPlan 4.0 implantado contribuíram para a geração do conhecimento acerca da tecnologia.

O estudo de caso trouxe informações relevantes para o avanço da tecnologia, pois possibilitou tanto um novo direcionamento às unidades produtivas com relação às variáveis do pré-plantio, que interferem diretamente na qualidade do plantio, a avaliação da automação, seus controles e monitoramentos, o funcionamento e desafios da comunicação satelital, bem como as informações relevantes para tomada de decisão a serem disponibilizadas na plataforma.

A tecnologia abordada aqui nasceu no contexto de Retrofit², ou seja, a modernização dos implementos com aplicação de tecnologia foi realizada primeiramente em implementos já existentes e em aplicação no campo, muitos desses implementos com anos de uso e adaptações feitas pela própria unidade produtiva.

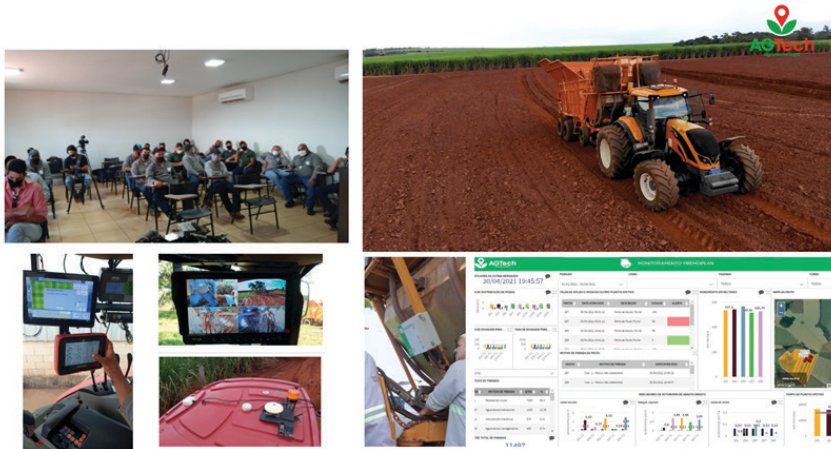
A atualização tecnológica de maquinários agrícolas existentes no campo é um processo de aprimoramento contínuo e exige alto grau de flexibilidade na aplicação, tanto do hardware quanto no software. Isso ocorre pois é necessário mapear e contemplar em sua estrutura as diversas marcas e os diversos modelos existentes, bem como o modo de operação e suas particularidades, conforme cada unidade produtiva, a fim de que o equipamento possa ser instalado em qualquer tipo de implemento e contemple todas as necessidades das diferentes particularidades dos modos de operação. Atualmente essa tecnologia já está inserida nos fabricantes de plantadoras, saindo embarcada diretamente da fábrica de implementos.

O equipamento contempla a automação de plantadoras e distribuidoras de cana picada com controle de fluxo de muda, insumos

2. Retrofit é um termo inglês para reforma. O retrofit de máquinas e implementos é o procedimento de reformar e modernizar atualizando-os tecnologicamente com menor custo.

sólidos e líquidos visando economia destes insumos com melhor distribuição, redução de falhas e melhor rendimento no plantio, bem como a solução de comunicação satelital com plataforma web para monitoramento e gestão da operação de forma remota.

Figura 1. Estudo de Caso — Implantação PremoPlan 4.0.



Fonte: elaborado pela autora.

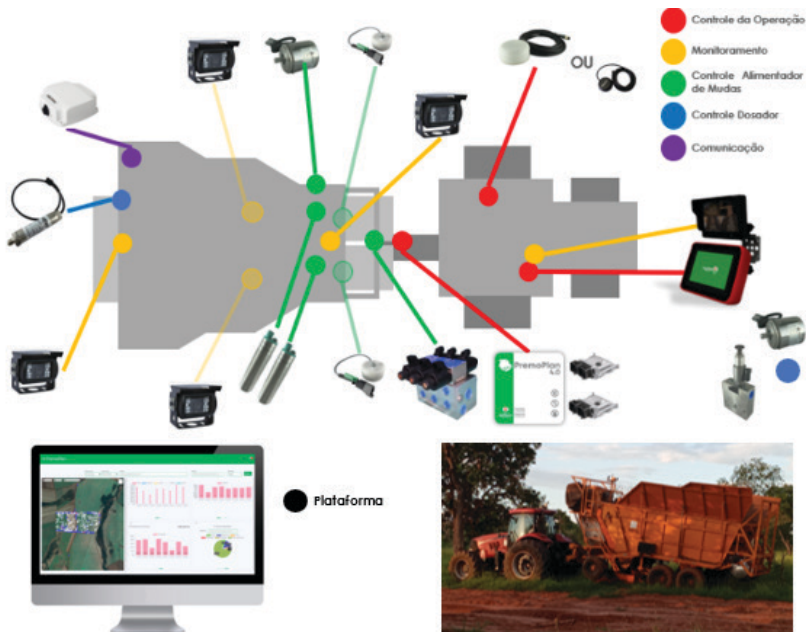
O equipamento possui uma estrutura de hardware e software modular podendo ser aplicado a vários tipos de marcas e modelos de plantadoras, bem como os diferentes modelos de aplicação, sejam com mais ou menos controles de defensivos, corretivos e fertilizantes, líquidos ou sólidos.

O equipamento possibilita que a parametrização, monitoramento e controle da operação possam ser realizadas pelo tratorista na própria cabine do trator. A qualidade do plantio está diretamente relacionada à parametrização adequada do computador de bordo considerando a variedade e qualidade da muda para determinação da quantidade a ser depositada no sulco, a quantidade necessária de fertilizantes e defensivos, o qual são orientadas pela equipe agrônômica da própria unidade produtiva.

O equipamento (Figura 2) contempla 5 (cinco) módulos instalados no trator em implemento e mais 1 (um) módulo de plataforma web no qual é possível monitorar as operações realizadas no campo.

O módulo de controle da operação é composto de um computador de bordo, onde é possível configurar o software, conforme marca, modelo e modo de operação da unidade produtiva. A parametrização do modo de operação possibilita imputar as taxas de dosagens a serem aplicadas. O computador de bordo se comunica através de chicotes elétricos com a caixa controladora, que dispõe de software embarcado o qual realiza o controle dos sistemas alimentadores de muda, fertilizantes e defensivos; a antena de georreferenciamento é responsável pelas informações de posição, possibilitando que os controles da aplicação sejam realizados, conforme o parâmetro independentemente da velocidade do trator mantendo a uniformidade de aplicação.

Figura 2. Equipamento de tecnologias 4.0 para Plantadoras de cana picada.



Fonte: elaborado pela autora.

O módulo de monitoramento possui uma tela de 10" dedicada, onde é possível visualizar 4 (quatro) câmeras espalhadas em locais críticos da operação, uma câmera para visualização da caixa de muda, das esteiras e da rampa alimentadora, uma câmera traseira para visualização das manobras e duas câmeras nas bicas/cobridores.

O módulo de controle alimentador de mudas é composto de bloco de controle hidráulico, sensor de monitoramento do colchão de cana, sensor de monitoramento da rotação da esteira alimentadora e dosadora e sensor de impacto, que verifica as falhas de queda de cana na bica. O sistema trabalha para que a altura do colchão de cana esteja sempre no parâmetro ideal, para que haja quantidade certa de cana na bica. Um grande diferencial está associado ao sensor de falhas, onde é possível parametrizar o implemento para parar a operação quando ocorrer falhas no plantio, só permitindo retomar a operação após retorno até o ponto de falha e realizar o replantio.

O controle alimentador de muda está associado a informações de georreferenciamento, o que possibilita o aumento da velocidade de plantio, o qual no mecanizado era de 3 a 4 km/hora e passou a ser limitado pela velocidade máxima recomendada pelo fabricante do implemento, tendo em vista que o controle da esteira alimentadora e dosadora passa a ser realizado pela geolocalização e não mais pela velocidade do motor do trator. Em unidades produtivas com alto nível de maturidade tecnológica³ foi possível encontrar plantadoras operando com esta tecnologia a velocidades entre 7 e 9 km/hora dependendo da marca do implemento.

O módulo de controle dosador é formatado conforme o modo de operação da unidade produtiva, o qual pode ser composto de até 4 tipos de insumos diferentes, controlados em taxa fixa (mesma taxa de

3. Entende-se aqui o nível de maturação tecnológica da unidade produtiva, a capacidade de receber o conhecimento e aplicá-lo, a quantidade de tecnologia já empregada, o desenvolvimento de sua organização e processos, e sua cultura de inovação existente.

aplicação indiferente da velocidade do trator). A unidade produtiva informa qual o tipo do insumo, sólido ou líquido, para conformar as peças que formam o controle, sendo realizado por controle hidráulico mais sensor de líquido e/ou sensor de sólido.

Todas as informações de controle e sensoriamento aplicadas pelo equipamento retornam à informação de forma imediata no computador de bordo, possibilitando o monitoramento e as ações rápidas por parte do operador do trator.

A comunicação proposta no estudo de caso foi o sistema de transmissão de dados via satélite geoestacionário em banda L com total cobertura mundial exceto polos, tecnologia inédita para o setor o qual não possui sombras de transmissão e uma plataforma baseada em web (cloud computing) que torna possível o acompanhamento por geolocalização das atividades de plantio, o monitoramento de variáveis do implemento e dados pós-processados no próprio embarcado.

Nas últimas décadas a necessidade de controle e gestão sobre a operação começaram a se intensificar nas usinas onde relatórios manuais que eram preenchidos em campo e depois analisados em planilhas deram espaço a centros de controles estruturados também conhecidos como CIA, COA ou Torres de Controle.

A quantidade de informações e o nível de gestão dos centros de controle variam muito de uma unidade produtiva para outra, onde algumas ainda engatinham no processo trazendo informação de localização dos equipamentos e outras com maior nível de maturação tecnológica possuem além das informações de geolocalização, controles remotos da operação, status sobre a operação, produtividade e necessidades, bem como interligam o campo com a indústria garantindo a eficiência no abastecimento das caldeiras.

Considerando mais alguns benefícios da solução 4.0 em nível operacional, o computador de bordo que controla o implemento possui linguagem fácil e intuitiva melhorando os resultados de usabilidade pelos operadores, bem como facilita o controle das

diversas operações simultâneas que ocorrem na plantadora. A nível tático, a plataforma quando implantada nas centrais de controle possibilita o acompanhamento das frentes de plantio com dados de produtividade, necessidade de abastecimento de mudas e insumos, apontamento de falhas e paradas, histórico de ocorrências do implemento, bem como dados para análise e tomadas de decisão rápida. A nível estratégico, a plataforma fornece informações para que as metas estabelecidas possam ser acompanhadas e desvios de rotas possam ser corrigidos ainda durante o plantio.

O equipamento possibilita uma redução e até eliminação nas falhas de plantio, onde o atual índice médio é de 3% (três por cento) pós-brotamento. Esse percentual de falha pode ser gerado também por fatores alheios à tecnologia. O equipamento também possibilita redução no consumo de muda na faixa de 16 a 20 para 8 a 14 toneladas de cana por hectare, dependendo da variedade e qualidade de corte. Ao reduzir o consumo de mudas, também se reduz a competição por espaço e nutrientes, o que gera um aumento na produtividade do canavial. O equipamento possibilita a distribuição de gemas e insumos de acordo com parâmetros de produtividades estipulados pelas recomendações agronômicas, contribuindo assim para ações de Agricultura de Precisão.

A redução do consumo de mudas decorrente da automação do plantio proporciona também que essa cana seja redirecionada para o processamento industrial, aumentando a produção de etanol apenas pelo uso eficiente do maquinário, com o emprego desta tecnologia, bem como redirecionamento da cana para desdobra. O monitoramento de falhas permite que o plantio possua maior produtividade por possibilitar a correção de áreas com falhas ainda durante a operação, aumentando a produtividade e a eficiência operacional.

A possibilidade de parametrizar o equipamento para distribuição dos insumos independente da velocidade do trator permite a racionalização e o uso eficiente dos insumos sem sobrecarregar o

solo ou depositar menos nutrientes do que o necessário; a correta distribuição dos insumos permite a recomposição nutricional do solo, bem como fornece a cana o nutriente necessário para seu desenvolvimento.

A tecnologia garante maior segurança na operação de plantio, pois todas as operações são realizadas a partir da cabine do trator, sem exposição do operador para operar as funções mecânicas da alimentadora da esteira dosadora.

A solução possibilita a redução dos recursos materiais necessários para o plantio, tendo em vista que o equipamento realiza a atualização da frota e possui plano de manutenções preventivas, não só aumentando a disponibilidade de máquina para o plantio como também diminuindo a quantidade de materiais aplicados e descartados.

Outro fator importante sobre o equipamento e os desafios tecnológicos referem-se à forma como a tecnologia evolui e como esses equipamentos são atualizados no campo. Principalmente nos anos de 2020 a 2022, devido à pandemia de Covid-19 houve redução de atividades industriais e falta de componentes eletrônicos para fabricação de equipamentos. A possibilidade de atualizar a tecnologia trocando apenas partes, atualizando o software e adicionando os sensores que ainda não estavam presentes nas máquinas, foi um grande diferencial, pois além de terem um menor custo aquisitivo possibilitam uma atualização com maior frequência.

Em contextos de restrições hídricas, o equipamento traz um grande diferencial, pois realiza todas as operações em apenas uma, evitando a perda de umidade do solo e conferindo melhores condições de brotação em comparação aos plantios manuais ou semimecanizadas onde o sulco fica aberto aguardando as operações de distribuição de insumos, de muda e depois de cobertura.

Atualmente o equipamento opera sobre comunicação satelital com tráfego reduzido. Novos avanços virão com a conectividade e o aumento de banda para tráfego de dados, transformado novamente

a realidade existente e possibilitando atualização remota do software, bem como desenvolvimento de recursos que possibilitem a transferência de conhecimento em tempo real, manutenções preventivas e corretivas a partir da união de visão computacional com realidade virtual ou realidade mista.

Novos sensores serão desenvolvidos e outras transformação ainda são possíveis. Entende-se que a tecnologia deve possuir como requisito obrigatório ser sustentável, tanto do ponto de vista econômico como social e ambiental, para que se construa um futuro.

Conclusão

Para um resultado efetivo da tecnologia, é necessário garantir que as reais necessidades da unidade produtiva sejam atendidas, tanto no ponto de vista de viabilidade econômico-financeira e socioambiental quanto a compreensão das particularidades do seu modo de operação e sua cultura organizacional, compreendendo todos esses aspectos dentro de um modelo de implantação, o qual garanta a transferência de know-how e a operação eficiente da tecnologia entregue.

O Brasil tem um grande potencial para suprir parte da demanda por alimento, e com o emprego de tecnologias tem aumentado sua produtividade, minimizando o impacto ambiental. O futuro reserva ao Brasil o protagonismo de uma país que sabe produzir de forma sustentável.

Referências Bibliográficas

AGTECH (2022). Disponível em: <https://www.grupoagtech.com/premoplan/>

NOVA CANA (2013). Disponível em: <https://www.novacana.com/estudos/a-evolucao-da-productividade-da-cana-de-acucar-160813>

UDOP (2020). Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2020/11/27/setor-sucroalcooleiro-passa-por-consolidacao-silenciosa-em-meio-a-previsao-de-saframenor.html>

UDOP (2022). Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2022/01/12/milho-e-cana-foram-as-culturas-com-maior-queda-de-producao-em-2021-diz-ibge.html#:~:text=Ainda%20assim%2C%20%20produ%C3%A7%C3%A3o%20registrada,mais%2C%20na%20compara%C3%A7%C3%A3o%20com%202020>.

UNICA (2016). Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/documents/36224/460139/Anexo+I+-+RenovaBio+2030+-+Contribui%C3%A7%C3%B5es.pdf/3de4d621-e839-dc4b-b82e-47716e962a54?version=1.0>

UNICA (2022). Disponível em: <https://unica.com.br/setor-sucroenergetico/>

12) A assistência técnica no contexto do Agro 4.0

Eduardo Gomes de Oliveira, Rafael Diego Nascimento da Costa, Julia Carolina Barros de Deus

A Assistência Técnica e Extensão Rural, também conhecida pela sigla de ATER, desempenha um papel significativo quando se trata de desenvolvimento da produção, difusão de tecnologias e boas práticas de produção agropecuárias, melhorias de eficiência na utilização dos recursos naturais, emprego de tecnologias sustentáveis, além da melhoria da qualidade de vida e bem-estar das pessoas envolvidas.

Segundo dados do Censo IBGE (2017), dos mais de 5 milhões de estabelecimentos rurais, cerca de 75% não receberam assistência técnica, número que não é muito diferente do resultado apresentado no Censo Agropecuário de 2006, que apontou que 78% dos estabelecimentos declararam não ter recebido assistência técnica à época. Cerca de 13% receberam ocasionalmente e apenas pouco mais de 9% foram assistidos com regularidade. Isto significa que, no período de avaliação, pelo menos, 91% tinham insuficiente ou nenhum atendimento técnico.

Ao reconhecer o valor e o poder de transformação do conhecimento, o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR), atuando há mais de 30 anos com Formação Profissional Rural (FPR), iniciou em 2013 uma nova ação denominada Assistência Técnica e Gerencial (ATeG).

O principal objetivo da Metodologia de Assistência Técnica e Gerencial do SENAR é atender a produtores rurais de todas as regiões brasileiras, possibilitando o acesso a um modelo de Assistência Técnica associado à Consultoria Gerencial, em consonância com as ações de FPR, já amplamente consolidada no âmbito do SENAR Central.

A assistência técnica procura adaptar-se ao novo modelo de desenvolvimento sustentável, que exige profissionais diferenciados, com conhecimento a respeito de novas tecnologias, mas que também saibam trabalhar com as questões econômicas, gerenciais, sociais, institucionais e ambientais.

A Assistência Técnica e Gerencial nos moldes adotados pelo SENAR diferencia-se do modelo tradicional, conforme abordado no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1. Comparativo entre o modelo priorizado pela Assistência Técnica e Gerencial do SENAR com o modelo tradicional de assistência técnica.

Itens	Modelo Tradicional	Modelo Ideal
Foco	Técnicas	Pessoas
Tecnologia	Fim	Meio
Objetivo	Maximizar a produção	Maximizar lucro e eficiência no uso de recursos hídricos
Conhecimento	Tecnologias de produção	Capacitação no uso de tecnologias, gestão organizacional e mercado
Sustentabilidade	Mitigação	Resiliência climática e recuperação produtiva

Fonte: Documento Norteador da Assistência Técnica e Gerencial (SENAR, 2019).

Pode-se destacar que, de um lado, o modelo tradicional de assistência técnica tem seu foco voltado para as tecnologias, visando a maximização da produção e, de outro, para a assistência social rural. Por sua vez, a Assistência Técnica e Gerencial foca as pessoas, na maximização dos lucros e no uso eficiente dos recursos, utilizando a tecnologia como meio para alcançar o fim desejado: a sustentabilidade econômica, ambiental e tecnológica do produtor.

Com informações técnicas e econômicas, a partir da ATeG, é possível promover o *benchmarking* entre regiões e propriedades, identificando os melhores resultados e a diferença de resultados, além de subsidiar a tomada de decisão do produtor, de acordo com os seguintes princípios:

I. A ATeG segue um modelo de Assistência Técnica associada à consultoria gerencial.

O modelo desenvolvido pelo SENAR de ATeG possibilita uma abordagem mista entre o conhecimento técnico e a consultoria gerencial, de forma a possibilitar mudanças no ambiente das propriedades rurais e, assim, promover soluções e realização de ações efetivas nos âmbitos social, ambiental e econômico.

II. A ATeG é um processo educativo de caráter continuado.

As ações de ATeG caracterizam-se como processo educativo de caráter continuado, que contribui na formação do produtor e de sua família com base nos princípios da andragogia.

III. A ATeG está fundamentada em etapas.

A metodologia de ATeG está fundamentada em cinco etapas que abrangem o processo a ser aplicado no desenvolvimento da propriedade rural atendida. Inicia-se pela etapa do Diagnóstico Produtivo e Individualizado que subsidia a elaboração conjunta do Planejamento Estratégico, para que, com base nele, sejam realizadas as ações de Adequação Tecnológica, de Capacitação Profissional Complementar com posterior Avaliação Sistemática de Resultados, conforme esquema a seguir:



IV. A ATeG considera as características das regiões brasileiras.

As ações de ATeG levarão sempre em consideração a relevância e as peculiaridades e características intrínsecas de cada região do país, bem como das atividades produtivas e econômicas desempenhadas.

V. A ATeG está centrada na atividade produtiva principal desenvolvida na propriedade rural.

As ações de ATeG deverão ser aplicadas de forma direcionada à atividade produtiva principal desenvolvida na propriedade rural, com intuito de coletar, interpretar e gerar indicadores de desempenho que permitam a mensuração dos resultados e a evolução técnica e gerencial alcançados.

VI. A ATeG desenvolve ações em consonância com as ações de Formação Profissional Rural (FPR).

As ações de ATeG estão intimamente associadas às de FPR do produtor e do trabalhador rural, visando o equilíbrio entre melhoria

da produtividade da atividade e o perfil profissional necessário para o desenvolvimento do trabalho.

VII. A ATeG incentiva a mudança de comportamento e autoestima do produtor.

A ATeG tem como propósito identificar diversos pontos que necessitam de melhoria dentro da atividade desenvolvida na propriedade rural, tudo isso de maneira integrada às necessidades e ao bem-estar das pessoas envolvidas no processo.

VIII. A ATeG proporciona o desenvolvimento da formação continuada do produtor, trabalhador rural e do técnico de campo.

A ATeG proporciona uma reflexão aos agentes envolvidos nesta ação com o objetivo de levar o produtor rural, o trabalhador rural e o técnico de campo que o assiste na busca constante pelo conhecimento. Estimulados na formação crítica de desenvolvimento das áreas pertinentes para uma análise mais profunda e estruturada para melhor incremento desta ação.

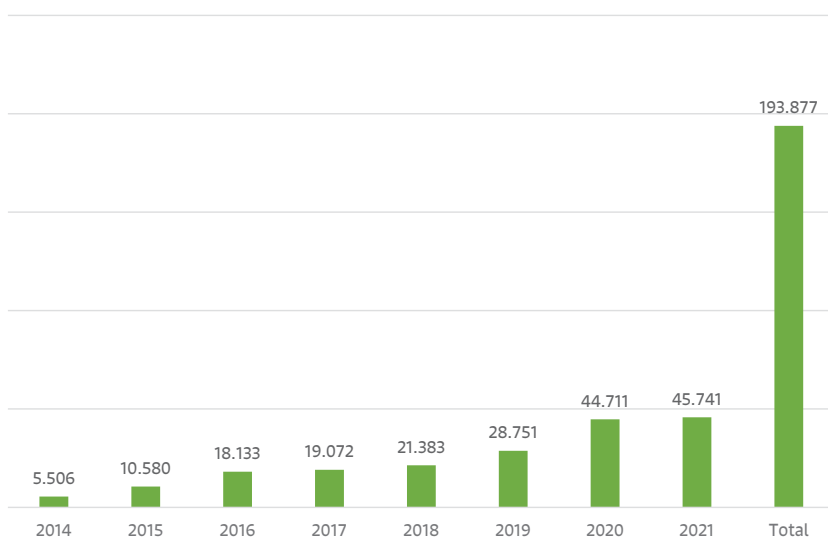
IX. A ATeG promove resultados efetivos, com ganhos financeiros, econômicos e ambientais.

Nas ações de ATeG, deve-se observar a implementação de uma gestão eficiente, inovadora e que proporcione resultados efetivos. Como exemplos, pode-se citar ganhos financeiros, econômicos, sociais e ambientais, por meio de aumento da eficiência produtiva, com diversificação de atividades e produtos, gestão eficiente da propriedade, recuperação das áreas degradadas, ampliação de renda, geração de emprego, melhoria do bem-estar animal, redução de perdas quantitativas e qualitativas, decorrentes de falhas de manejo, bem como resiliência às mudanças climáticas.

Crescimento da ATeG — Evolução 2014-2021

Com o início das atividades da ATeG, a execução e expansão nos atendimentos a produtores foi acompanhada da adesão pelas Administrações Regionais dos estados, estruturação das equipes técnicas — operacionais, capacitações de técnicos de campo, supervisores e coordenadores, além da própria divulgação aos produtores e a efetivação de projetos, conforme o gráfico de Cadastros de Propriedades a seguir.

Número de propriedades cadastradas no ano



Fonte: SISATEG e Informações Regionais.

No decorrer dos anos, a ampliação foi bastante significativa em decorrência da maior abrangência de atividades produtivas assistidas, da elaboração de estratégias de ampliação com incentivo da Administração Central e do reconhecimento institucional como prestadores de assistência técnica por outras entidades e instituições, tais como Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Banco Interamericano de Desenvolvimento, Banco Mundial entre outros.

Entre os anos de 2014 e 2021 foram cadastradas no Sistema de Monitoramento da ATeG (SISATeG) mais de 194 mil propriedades e 1,5 milhão de visitas.

Sistema de Monitoramento da ATeG — SISATeG

Diante da ampliação de atuação, aumento da capilaridade, monitoramento das operações e geração de resultados da ATeG houve a necessidade do desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento da Assistência Técnica e Gerencial (SISATeG). O Sistema tem características essenciais para a realização da Assistência Técnica e Gerencial:

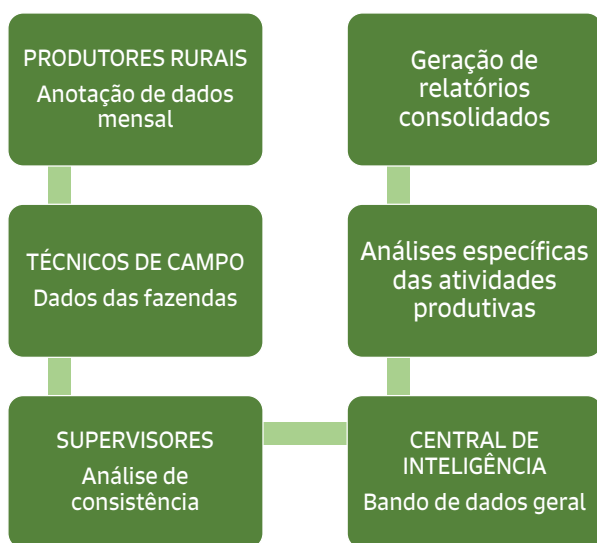
- a) Registrar todas as ações realizadas pela equipe de campo.
- b) Coletar, armazenar e processar os dados coletados de todas as atividades atendidas.
- c) Tendo em vista, a dificuldade de conectividade do campo, o módulo do técnico de campo não tem a necessidade de internet para o uso na propriedade.

Atualmente com 03 (três) módulos, Off-line, On-line e Mobile, o sistema é dividido por nível de acesso, apresentando as informações necessárias para cada perfil de agente.

1. Coordenação Nacional: Uma visão ampla de todas as ações realizadas a nível do País.
2. Coordenação Regional: Apresentação de todas as ações e dados a nível estadual.
3. Supervisão: Acesso aos dados coletados pela equipe técnica de sua gerência.
4. Técnico de Campo: Módulo offline para coleta de dados e geração de relatórios e resultados e o Módulo mobile para registro da visita.

Cada módulo do sistema estabelece um fluxo de dados e informações (conforme o Diagrama 1) que conjuntamente contemplam as entregas propostas pela ATeG aos produtores, em que o maior desafio no que tange à operacionalização é o fator conectividade, que tem grande variação nas diversas regiões do Brasil, e, quando trata-se de conectividade “porteira adentro”, a complexidade é ainda maior.

Diagrama 1. Fluxo de dados e informações da ATeG.



Com a implementação de um sistema único na Assistência Técnica e Gerencial, é possível gerar de informações que subsidiam a tomada de decisão, em um nível macro, das atividades produtivas para a melhoria do sistema produtivo como um todo.

O próximo passo do SISATeG, é a implementação do módulo do produtor rural, de forma que, por meio de um aplicativo, ele tenha acesso a todos os dados e relatórios de sua atividade. Com o aplicativo, a comunicação entre o Senar e o produtor deve ser aproximada, além

de proporcionar ao produtor que ele tenha as informações em relação ao seu desempenho e a gestão da sua atividade produtiva a qualquer momento e na “palma da mão”.

Desafios 4.0 para a Assistência Técnica

A gestão e a capacitação são essenciais para uma Assistência Técnica 4.0, pois cada vez mais a aplicação da agricultura moderna exige investimento em pessoas e tecnologias, que são os recursos-chave para gerar conhecimento, oportunidades e soluções aos produtores rurais. São esses mesmos produtores, considerados os agentes da mudança, que vão implementar as soluções de forma prática, durante a produção agropecuária para toda a cadeia de fornecimento.

Quando as práticas de gestão são utilizadas é possível alocar cada recurso de maneira mais eficiente com o objetivo de maximizar os lucros e utilizando a tecnologia como um caminho para alcançar os resultados desejados. Dessa forma, é preciso que a equipe de campo da assistência técnica desperte para esse novo caminho que é da capacitação continuada, envolvendo práticas de gestão, inovações tecnológicas e ambientais que os tornarão mais preparados para lidar com as novas demandas e desafios da assistência técnica 4.0.

A Assistência Técnica e Gerencial no projeto FIP Paisagens Rurais¹, por exemplo, investe na preparação de técnicos de campo, por meio de capacitações virtuais e presenciais, com o objetivo de aumentar o conhecimento nas competências gerenciais, produtivas e técnicas ambientais. Ao todo são mais de 250 horas de capacitações, na quais

1. O Projeto Gestão Integrada da Paisagem no Bioma Cerrado (FIP Paisagens Rurais) é financiado com recursos do Programa de Investimento Florestal, através do Banco Mundial. A coordenação é do Serviço Florestal Brasileiro (SFB) e da Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação, do Mapa; com parceria da Agência de Cooperação Técnica Alemã (GIZ), do Senar, da Embrapa e do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), por meio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). Disponível em: <https://cnabrasil.org.br/projetos-e-programas/paisagens-rurais>.

cada técnico de campo e supervisor são treinados para dar soluções tecnológicas e de práticas ambientais que vão auxiliar a enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades, por meio de ferramentas de planejamento e gestão que também facilitam o registro dos dados e o monitoramento de resultados com evidências no campo.

Quadro 1. Capacitações ofertadas para equipe de campo do Projeto FIP Paisagens Rurais.

Capacitação	Metodologia de Assistência Técnica e Gerencial do SENAR	Ferramenta ISA - Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas ^[2]	Recuperação da Vegetação Nativa e Adoção de Práticas ABC	SiSATEG e módulo ambiental	TOTAL
Carga horária	160 horas	24 horas	48 horas	24 horas	256 horas

Fonte: Coordenação/DATeG/SENAR.

A capacitação é considerada continuada, pois é utilizada durante todo o período em que os técnicos de campo estão realizando a assistência técnica às propriedades rurais selecionadas no projeto. Desde o início da assistência técnica em março/2020 já foram mais de 4.800 propriedades atendidas por cerca de 200 técnicos contratados e capacitados. Todo esse investimento em pessoas foi responsável pela transferência de informações e tecnologia para os produtores rurais de sete estados (Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Tocantins), sendo possível assim alcançar mais de 25.000 hectares com práticas de conservação e restauração ambiental e mais de 50.000 hectares com adoção de práticas de baixa emissão de carbono.

Somente em 2021, no projeto FIP Paisagens Rurais, foram repassadas e aplicadas 5.071 orientações técnicas e gerenciais. Considerando os desafios da agricultura moderna no que tange à integração da paisagem no contexto da produção *on farm*, o grupo de orientações aplicadas em área de produção e área de conservação e restauração ambiental representam 30% do total de orientações do período, sendo que 29%

foram orientações aplicadas à Conservação e Restauração das Áreas de Proteção Permanente — APP e 71% para as Áreas com Tecnologias de Baixa Emissão de Carbono. (Fonte: SISATeG/SENAR)

Com os avanços nas possibilidades de serviços e produtos focados na implantação de tecnologias para o Agro 4.0, algumas questões devem ser consideradas nas tomadas de decisões, por exemplo:

Por parte dos profissionais:

- Quais tecnologias 4.0 realmente se adequam ao perfil produtivo sendo assistido?
- Como os profissionais que prestam serviços de assistência técnica estão se atualizando e filtrando o que é mais adequado à cada situação, ao perfil do produtor, ao perfil da produção?
- Que competências são necessárias para o uso de ferramentas?
- Qual(ais) os benefícios que a utilização de determinadas tecnologias e ferramentas trarão aos produtores rurais e aos consumidores?

Por parte dos produtores rurais:

- Quais produtos e serviços são os melhores e mais adequados?
- Como filtrar as informações realmente relevantes às tomadas de decisões mais assertivas?
- Como avaliar e contratar os profissionais de assistência técnica? (Qual profissional? Qual o serviço adequado para qual problema e momento?)

Diante desses questionamentos é que o SENAR tem voltado seus esforços no sentido de orientar os produtores rurais, envolver os profissionais e empresas de tecnologias e serviços, oportunizando um ambiente para o desenvolvimento da produção de alimentos, melhoria na eficiência produtiva com uso adequado dos recursos, promoção da qualidade de vida e novas oportunidades.

13) Conceitos, benefícios e o processo de desenvolvimento do Observatório da Agropecuária Brasileira

Raimundo Deusdará Filho, Nathalia Damasceno Hott Dias

Introdução

Este artigo tem o propósito de apresentar o conceito, os benefícios e o processo de desenvolvimento do Observatório da Agropecuária Brasileira.

Atualmente, existe uma grande quantidade de sistemas e bases de dados sobre a agropecuária nacional disponíveis nos diversos órgãos de governo e no setor privado que são de grande importância na contextualização de cenários atuais e futuros, sendo ferramentas de amparo técnico nas tomadas de decisão.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), compreendido por suas Unidades Administrativas, administra e mantém cerca de 800 (oitocentos) bancos de dados em sua estrutura operacional, sendo que aproximadamente 200 (duzentos) desses bancos possuem informações de interesse para a gestão estratégica e inovadora deste Ministério.

Além desses dados sob a governança do MAPA, há outros relevantes e complementares às análises de cenários da agropecuária brasileira, gerados e mantidos por diversas instituições públicas e privadas, tais como: Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto

Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (Ibama), Ministério da Economia (ME), IBGE, Bacen, Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), Sistema CNA/SENAR, Universidades, Cooperativas e Associações.

Embora exista esse universo de dados, não havia uma integração entre eles, gerando fragilidades no compartilhamento de informações completas e assertivas para o planejamento estratégico do Governo.

Assim o objetivo principal do Observatório a Agropecuária (OA) foi de integrar, sistematizar e disponibilizar informações da agropecuária brasileira por meio de inovadora solução tecnológica para uso na formulação e revisão de políticas públicas e geração de conhecimento para o apoio ao processo de tomada de decisão dos vários níveis executivos e gerenciais do MAPA.

A justificativa de desenvolvimento do OA foi de promover o conhecimento, a integração, a disponibilização de dados e informações, assim como suas análises, em um país com o território de dimensões continentais como o Brasil, onde tornam-se extremamente engenhosas e difíceis para os formuladores de políticas públicas e tomadores de decisão na esfera governamental. O setor agropecuário privado, por estar presente em todo o território nacional, enfrenta essa mesma dificuldade.

Os benefícios do Observatório da Agropecuária Brasileira surgiram a partir da integração de bases de dados geoespaciais e tabulares do setor agropecuário por meio de inovadoras tecnologias da informação e comunicação, gerando painéis temáticos dinâmicos onde é possível criar uma visualização e gestão de camadas em conjunto com outras fontes de informação, como imagens de satélite de resoluções variáveis e, também, informações não espaciais que complementam o entendimento das cadeias produtivas do setor, provendo subsídios aos processos de tomada de decisão, ao tempo em que revela este virtuoso setor e oportuniza o equacionamento de seus principais desafios.

O Observatório da Agropecuária Brasileira

O Observatório reúne mais de 200 bases de dados e é referência no Agro Brasileiro. Essas bases de dados alimentam os painéis temáticos. Cada Painel Temático possui um tema específico de um ou mais setores do agro.

Atualmente, estão disponíveis os seguintes temas: Agricultura Familiar, Agropecuária Sustentável e Meio Ambiente, Aquicultura, Assistência Técnica, Assuntos Fundiários, Comércio Exterior, Crédito Rural, Fertilizantes, Pecuária, Produtos Agrícolas, Sistema Brasileiro de Inspeção (SISBI) e Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC).

Todo o conteúdo é disponibilizado por fontes oficiais, abertas ao público e com uma abordagem profunda de cada variável apresentada. O resultado das análises é individualizado e personalizado em diferentes níveis, o que permite ao usuário uma melhor interação e estudo das informações selecionadas.

Em 25 de maio de 2021 foi lançada a versão 1.0. do “Portal do OA”, contendo os primeiros painéis temáticos (Produtos Agrícolas, Crédito Rural, Zoneamento de Risco Agrícola e Climático (ZARC), Programa Nacional de Solos (PronaSolos) e Agropecuária Sustentável e Meio Ambiente) apontados como prioridades resultante do conjunto de entrevistas com os *stakeholders* do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), instituições vinculadas e oficinas internas de planejamento.

Por meio do portal, o usuário acessa as plataformas de navegação: Estatística, Geoespacial e Relatórios, organizadas em Painéis Temáticos. A Estatística disponibiliza dados numéricos, tabulares, representações gráficas e informações estruturadas com filtros por período e estratificação em nível nacional, estadual e municipal.

A Plataforma Geoespacial é dedicada à integração de dados territoriais, que podem ser visualizados e combinados de acordo

com a necessidade de interpretação dos usuários por meio de funcionalidades de gestão de camadas e produção de relatórios.

A Plataforma de Relatórios disponibiliza informações gerais e totalizadas de cada painel temático em formato de relatórios dinâmicos e predefinidos permitindo ao usuário exportar suas consultas em formatos variados.

Este é um projeto que faz parte do portfólio estratégico do MAPA. Ao longo da jornada de desenvolvimento, foram mobilizados aproximadamente 60 colaboradores do MAPA e 10 instituições parceiras.

Processo de desenvolvimento do AO

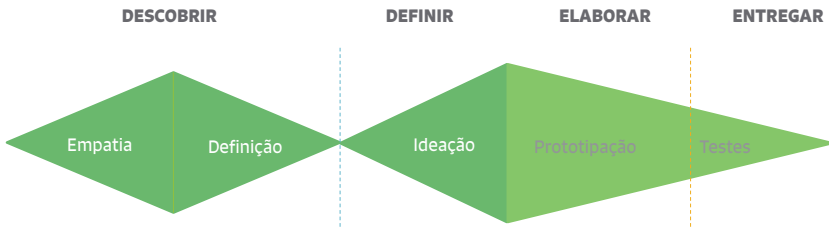
O Observatório buscou sempre trabalhar com metodologias inovadoras de criação conjunta, onde cada entidade parceira teve seu representante técnico trabalhando e criando junto aos times de negócio, inovação e desenvolvimento.

O método adotado na construção do OA, chamado de *Design Thinking*, baseia-se na busca de soluções aos problemas propostos de forma coletiva e colaborativa, em uma perspectiva de empatia máxima com seus interessados, nesse caso, as equipes que produzem os dados e os usuários que consumirão as informações finais. As pessoas são colocadas no centro do desenvolvimento do produto, não somente o usuário final, mas todos os envolvidos na ideia.

O processo consiste em mapear e mesclar a experiência cultural, a visão de processos no intuito de obter uma visão mais completa na solução de problemas e, dessa forma, identificar as barreiras e gerar alternativas viáveis para transpô-las.

A referência metodológica utilizada na primeira fase é a do Duplo Diamante (Figura 1), o qual possui quatro etapas principais de divergência e convergência: descobrir, definir, elaborar e entregar. Cada etapa tem seu papel na construção final do produto (BROWN, 2020).

Figura 1. Fluxograma do Duplo Diamante.



Fonte: adaptado de Venjenski (2019).

Descoberta: fase de diagnóstico do projeto. Ela é usada para que os envolvidos possam entender as condições atuais do projeto e seus usuários. Nessa etapa foram feitas diversas entrevistas com os principais *stakeholders* do projeto, utilizando-se de ferramentas digitais por meio de reuniões remotas (videoconferência).

Definição: etapa de cocriação entre todos os envolvidos. É a fase para a concepção das ideias finais, antes de serem prototipadas, e alinhamentos de viabilidade e necessidade.

Elaboração: etapa onde as ideias tornam-se protótipos de alta fidelidade que se comportam de forma muito parecida com o produto final.

Entrega: nessa etapa o protótipo é testado e validado, é o principal objetivo do processo de design, onde colocamos nossa solução à prova, antes mesmo de seu desenvolvimento.

As etapas descritas anteriormente são organizadas e desenvolvidas a partir do método ágil de construção, chamado *Design Sprint*, o qual consiste em cinco dias de trabalho sequenciais cumprindo as seguintes etapas: mapeamento do problema, esboço de soluções, tomada de decisão, prototipação e testes.

Devido ao período de pandemia, que perdurou durante o tempo de criação do Observatório, todas as etapas, tanto do *Design Thinking* quanto do *Design Sprint* foram realizadas virtualmente por meio de *softwares* de uso gratuito. As interações com os colaboradores foram realizadas através de uma tela colaborativa, onde cada indivíduo pode deixar sua contribuição (Figura 3).

Após a validação do protótipo, esse foi encaminhado para a equipe de desenvolvimento que organizou os times de desenvolvimento e as rodadas de construção, chamadas de *sprints*.

A fase de desenvolvimento dos produtos foi acompanhada diariamente por um ou mais integrantes da equipe de negócios, por meio de reuniões de ponto de controle diárias e semanais, essa última realizada com o time de negócios completo.

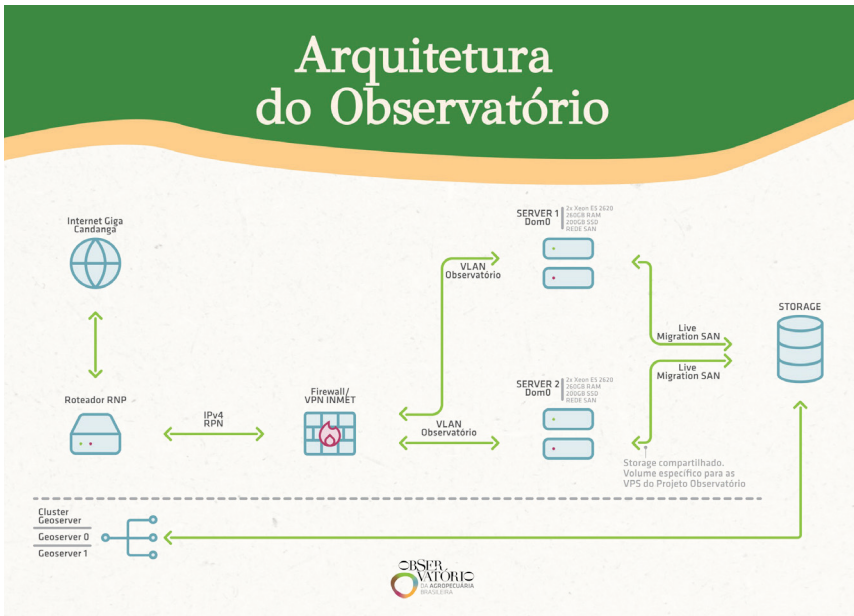
a. Blocos construtivos do Observatório

As grandes áreas que norteiam a estrutura do OA foram organizadas em três blocos construtivos. Cada bloco tem suas atribuições e atividades próprias conduzidas por um ou mais membros da equipe de negócios. Os grandes blocos são: Infraestrutura e Tecnologia da Informação, Institucional e Legal e Comunicação e Inovação.

i. Infraestrutura e Tecnologia da Informação

Esse bloco contempla as atividades relacionadas ao parque tecnológico do Observatório, desde servidores físicos, supercomputadores, até a interface de acesso via site na internet. A Figura 2 traz a representação simplificada da infraestrutura do Observatório hospedada no INMET.

Figura 2. Infraestrutura do Observatório da Agropecuária Brasileira.



É responsável pela definição de políticas de distribuição de serviços e infraestrutura para a sustentação do portal e suas plataformas, prospecção de soluções de *backup* e definição de políticas de *backup*, desenho e implantação da arquitetura de infraestrutura, segurança da informação, suporte e sustentação.

A Governança de Dados é um importante componente desse bloco, pois promove a conscientização da importância desse tema e atua na construção do Catálogo de Metadados e do Dicionário de Dados que constituem partes essenciais de um projeto de tecnologia da informação.

ii. Institucional e Legal

O bloco Institucional e Legal é responsável pela elaboração de Ato Normativo para gestão e acesso aos dados do Observatório, pois, ao trabalhar com diversas informações e dados estratégicos e

sensíveis, o Observatório está obrigado a atender estritamente ao que determinam as legislações de proteção e tratamento de dados, assim como a legislação de acesso à informação, por haver uma circulação incessante de informações entre os diversos atores, que não só acessam, mas também alimentam a base de dados do Observatório.

A modelagem da estrutura organizacional com suas atribuições, competências, fluxos, processos e organograma, visando a construção de cenários para a institucionalização do Observatório é uma importante atividade desse bloco.

Além disso, prospecta-se a estruturação de um Comitê Consultivo e do Painel de Especialistas para definição de linhas de atuação estratégicas e curadoria dos dados, dentre outras atividades.

iii. Comunicação e Inovação

O objetivo principal deste bloco é planejar e efetuar a propagação institucional do Observatório da Agropecuária Brasileira por meio de ações de relacionamento direto como: envio de e-mails marketing, postagens em redes sociais, contatos com assessoria de comunicação de canais de veiculação, divulgação de matérias espontâneas em revistas do setor; participações em eventos relevantes do setor, além da criação de vídeos promocionais de cada tema ou versão a ser lançada.

b. Matriz de entendimentos

Conhecida como “Farol dos Ritmos e Ritos” do Observatório da Agropecuária, a Matriz de Entendimentos é dinâmica, orgânica e ativa, atualizada periodicamente, absorvendo os entendimentos dos colaboradores, parceiros e usuários do Portal do OA.

A construção da matriz, feita de forma colaborativa, foi baseada na criação de quatro colunas principais: é, não é, faz e não faz. Ao identificar as limitações do OA através da definição do que ele é, o que

ele não é, o que ele faz e não faz, é possível compreender os limites e direcionar aos próximos caminhos que serão trabalhados (Figura 3).

Figura 3. Matriz de Entendimentos do Observatório da Agropecuária Brasileira.



c. Modelo de negócios

O Canvas de Modelo de Negócios é uma ferramenta de planejamento estratégico, que possibilita o desenvolvimento e o esboço de modelos de negócios novos ou existentes a partir de nove componentes básicos. Considerando que os modelos de negócio são parte inerente dos processos de design de serviço, qualquer mudança feita em suas estruturas organizacionais, processos, produtos e serviços afetará a experiência do usuário (OSTERWALDER, 2011).

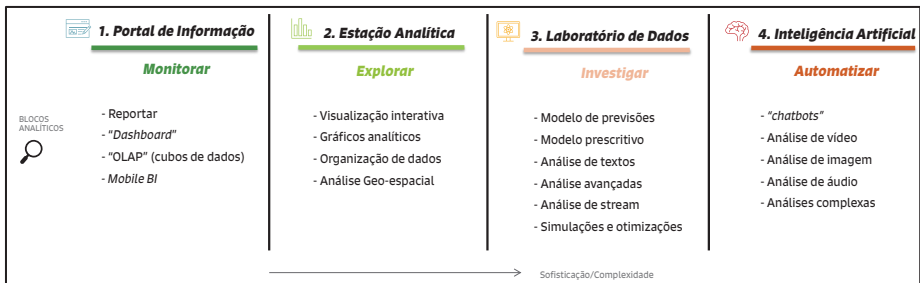
No intuito de manter o Observatório na linha da inovação, foram realizadas dinâmicas para construção do seu Canvas de Negócio. Foram

identificados os parceiros-chave, atividades-chave, recursos-chave, proposta de valor, relacionamento com o cliente, canais, segmentos de cliente, estrutura de custo e fluxo de receita. Os blocos possibilitam entender como realizar o negócio, o que ele gerará de valor, para quem será feito e o quanto será necessário para que seja executado.

Processo de evolução do Portal

As etapas de planejamento e implementação das evoluções são executadas considerando as complexidades e os correspondentes resultados (“entregas”). No esquema a seguir (Figura 4), verifica-se esse horizonte de possibilidades futuras para o OA, no qual a equipe de negócios se baseia.

Figura 4. Domínios Analíticos.



Fonte: adaptado de Gartner.

O Observatório da Agropecuária é dinâmico e sua evolução é constante, com expectativas de evolução para versão *mobile*, denominada “O Observatório da Agropecuária Brasileira na Palma da Mão”, assim como uma nova versão dos painéis de Crédito Rural, Produtos Agrícolas (inclusão de mais doze culturas) e da Plataforma Geoespacial (atualização e introdução de novas camadas especializadas).

Além disso, novos temas subsidiarão os próximos painéis: Recursos Hídricos e Agricultura, Censo Agropecuário, Agropecuária e Clima,

Florestas, Armazenagem e Logística, Pecuária de Leite, Hortifruti e Flores, Seguro Rural e Indicações Geográficas.

O Observatório da Agropecuária Brasileira foi escolhido como iniciativa pioneira para a introdução de “Soluções de Inteligência Artificial na Administração Pública”, assim irá incorporar ferramentas de IA na sua plataforma, para facilitar o acesso aos dados e informações, e para mapear tendências tecnológicas e de mercado do Agro 4.0. As soluções serão desenvolvidas por startups contratadas por meio de seleção pública do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), com apoio técnico do Ministério da Economia e da Escola Nacional de Administração Pública (ENAP).

a. Assistente virtual de pesquisa inteligente

Pesquisa textual ou por reconhecimento de voz similar a um buscador do Google para permitir que usuários façam pesquisas que possam gerar resultados significativos que atendam às suas necessidades, direcionando para os dados e informações estratégicas, com o uso de IA tornando o portal mais relevante para os diferentes interessados no tema.

b. Identificação de tendências tecnológicas e de mercado para o Agro 4.0

Ferramenta de IA que buscará informações presentes na *web* e disponibilizará *insights* ricos e acurados sobre tendências de novas tecnologias aderentes ao Agro 4.0, novos nichos de produção para atender ao mercado e novas diretrizes para a assistência técnica e extensão rural.

Considerações finais

O recente Decreto Presidencial sobre a reestruturação organizacional do MAPA cria, no âmbito do Gabinete do Ministro, a Assessoria Especial de Assuntos Estratégicos (AEST) com uma Coordenação-Geral de

Informações Estratégicas Agropecuárias (CGIEA), onde o Observatório Brasileiro da Agropecuária Brasileira (OA) ficará hospedado.

A iniciativa vai na direção da criação de um Centro de Inteligência onde o CGIEA/OA deverá ter as seguintes atribuições: garantir a disponibilidade de informações estratégicas aos diversos públicos-alvo da agropecuária; apoiar a implementação das ações de inteligência agropecuária, utilizando-se da integração e a interoperabilidade das bases de dados disponíveis; promover a transparência e o livre acesso do produtor rural e demais segmentos interessados e afetados, respeitando as restrições à divulgação de informações sigilosas e sensíveis, nos termos da Legislação Geral de Proteção dos Dados (LGPD).

Enfim, o desafio é estabilizar a institucionalidade do OA e criar as condições objetivas relacionadas à disponibilização dos recursos humanos, orçamentários, financeiros e materiais para a sua expansão e consolidação com uma referência para a agropecuária brasileira.

Referências Bibliográficas

BROWN, T. Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Alta Books, 2020.

MAPA. Portal do Observatório da Agropecuária Brasileira. Disponível em: <http://observatorio.agropecuaria.inmet.gov.br/>

OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y. Business Model Generation: Inovação em Modelos de Negócios. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Alta Books, 2011.

14) Cooperativismo como aliado na difusão do Agro 4.0

Marco Olívio Morato de Oliveira, Leonardo Meira Reis

Introdução

Presente no Brasil há mais de 130 anos, o cooperativismo pode ser ferramenta importante para levar desenvolvimento econômico e tecnológico para o campo brasileiro, por meio do acesso à conectividade e às tecnologias de informação e comunicação aplicadas às atividades rurais. Neste capítulo, debate-se como o movimento pode ser parceiro da implantação e disseminação do Agro 4.0 no Brasil.

O cooperativismo é uma das formas de organização social mais adequadas para o desenvolvimento sustentável de comunidades. Ele promove acesso, economia de escala e justa distribuição dos benefícios econômicos nas regiões onde está presente.

Esse modelo de negócios está presente em praticamente todos os setores da economia, sendo destaque em vários deles. As cooperativas estão nos setores agropecuário, financeiro, de saúde, transporte, consumo (compras em comum), produção de bens, prestação de serviços e infraestrutura (energia, telecomunicações e habitação).

Uma cooperativa surge quando um grupo de pessoas decide atuar de forma coletiva no mercado, seja para comprar ou vender produtos e serviços. Em conjunto, os donos do negócio (cooperados) alcançam objetivos que seriam impossíveis caso estivessem atuando sozinhos.

As decisões do negócio são tomadas em conjunto por meio da gestão democrática do negócio. Para isso, todos os membros contribuem economicamente para o capital social de forma equitativa e possuem o mesmo poder decisório (uma pessoa, um voto).

Segundo a Aliança Cooperativa Internacional (ACI), a primeira cooperativa moderna nasceu em 1844, na cidade de Rochdale-Manchester, interior da Inglaterra, onde um grupo de 28 tecelões se uniram para montar seu próprio armazém. A finalidade era comprar suprimentos em grande quantidade e, conseqüentemente, com menor preço. A esse empreendimento deu-se o nome de Sociedade dos Probos de Rochdale, cooperativa moldada em valores e princípios que até hoje são a base do cooperativismo.

No Brasil, de acordo com a Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB), a primeira cooperativa surgiu em 1889, em Minas Gerais, com a fundação da Cooperativa Econômica dos Funcionários Públicos de Ouro Preto. Seu objetivo era a compra coletiva de produtos agrícolas (novamente buscando economia de escala). Desde então, o cooperativismo se espalhou para outros setores e atividades, com destaque para as cooperativas de produção agropecuária, que nasceram a partir de 1906.

Atualmente o cooperativismo brasileiro é um movimento pujante, que transforma a realidade de milhares de brasileiros e promove o desenvolvimento econômico nas comunidades onde está presente. Segundo a OCB, são 4.868 cooperativas e 17,1 milhões de cooperados distribuídos em todo território nacional. Em 2020, o setor alcançou a marca de R\$ 655 bilhões em ativos totais e R\$ 145 bilhões em patrimônio líquido.

Nesse sentido, o cooperativismo brasileiro desempenha importante função social e, por isso, deve ser apoiado e estimulado pelas políticas públicas. É esse o espírito emanado pela Constituição Federal de 1988, que determina no art. 174, §2º, que a “lei apoiará e estimulará o cooperativismo e outras formas de associativismo” (BRASIL, 1988).

A força do setor também pode ser uma importante ferramenta para levar desenvolvimento econômico e tecnológico para todo o país, especialmente para aquelas regiões onde o governo ou o setor privado ainda não foram capazes de suprir as demandas da população, como veremos a seguir.

O cooperativismo agropecuário e a extensão rural

As cooperativas agropecuárias surgiram principalmente para que os pequenos produtores atingissem os benefícios da economia de escala, tanto na produção e venda de produtos agrícolas quanto na aquisição de insumos de produção. Todavia, com o passar do tempo, elas passaram a agregar outras atividades e outros investimentos em seus planos de negócio.

Foi assim que o cooperativismo agropecuário potencializou a assistência técnica e extensão rural (Ater) no país. Buscando melhorar o atendimento aos seus cooperados e aumentar a produtividade de suas fazendas, as cooperativas passaram a ter um quadro de colaboradores que auxiliavam os produtores associados no aumento da eficiência produtiva, na incorporação de boas práticas e no acesso a tecnologias.

O foco na extensão rural cooperativa permitiu a construção de ecossistemas de conhecimento colaborativo entre o produtor cooperado e o extensionista, fundamentais para o aumento da produtividade, ampliação de áreas produtivas e para a promoção da segurança alimentar nas regiões de atuação do cooperativismo agropecuário.

Atualmente, as 1.173 cooperativas agropecuárias registradas junto ao Sistema OCB¹, no Brasil, estão distribuídas em todas as unidades federativas, reúnem mais de 1 milhão de cooperados e geram mais 223 mil empregos de forma direta. De acordo com os dados do Censo

1. Sistema OCB — Sistema que engloba a Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB), o Serviço Nacional de Aprendizagem do Cooperativismo (Sescoop) e a Confederação Nacional das Cooperativas (CNCoop).

Agropecuário 2017, os produtores rurais associados a cooperativas são responsáveis por 53% da safra brasileira de grãos.

Parte importante do desempenho das cooperativas agropecuárias é reflexo da assistência técnica recebida pelos produtores rurais cooperados. Dentre os respondentes do Censo Agropecuário de 2017, que declararam ser associados a uma cooperativa, 63,8% afirmaram receber assistência técnica, enquanto apenas 20,2% do total de produtores tem acesso a esse serviço. Segundo levantamento do Sistema OCB, as cooperativas agropecuárias brasileiras reúnem cerca de 9 mil profissionais de assistência técnica e extensão rural.

O Censo Agropecuário também aponta que 71,2% dos estabelecimentos rurais de produtores associados a cooperativas são do perfil da agricultura familiar, público que mais demanda os serviços de Ater. Isso demonstra o grande potencial de impacto positivo que os investimentos no setor podem trazer para a produtividade do campo brasileiro, tendo em vista os menores níveis de desenvolvimento tecnológico entre os agricultores familiares.

Além do papel da orientação técnica, os profissionais de Ater ligados às cooperativas agropecuárias possuem um papel estratégico na relação de confiança entre a cooperativa e seus cooperados, condição de fundamental importância para o sucesso dos empreendimentos rurais.

Por esse motivo, o setor é constantemente consultado e convidado a colaborar com políticas públicas que visem impulsionar a assistência técnica rural, a exemplo do Programa Ater Digital, lançado em 2021 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) com o intuito de ampliar o acesso dos agricultores a serviços mais modernos, ágeis e eficientes.

O cooperativismo de infraestrutura

A evolução do cooperativismo agropecuário ao longo do século 20 contribuiu para a expansão das fronteiras e diversificação da produção

agrícola no interior do país, levando desenvolvimento econômico a diversas regiões, as quais passaram a demandar mais produtos e serviços essenciais, como o acesso à energia elétrica. Surgiu então o cooperativismo de infraestrutura, onde a organização social e a capacidade de gestão das cooperativas passaram a ser empregadas no fornecimento de energia elétrica em regiões com pouco ou nenhum interesse econômico por parte dos fornecedores tradicionais.

Segundo a OCB, a primeira cooperativa de eletrificação rural, a Cooperativa de Força e Luz de Quatro Irmãos, surgiu em 1941 no então oitavo distrito do município de José Bonifácio, hoje Erechim/RS. Neste modelo de cooperativa, pequenos e médios agricultores constroem, mantêm e operam redes de energia elétrica em suas propriedades, criando sistemas isolados de distribuição de energia no meio rural. Essa infraestrutura, bancada pelas cooperativas, permitiu o avanço da produção agropecuária e impulsionou o desenvolvimento econômico em regiões anteriormente tidas como remotas.

A distribuição de energia elétrica por cooperativas teve seu auge nas décadas de 1970 e 1980, congregando mais de 280 cooperativas. Com o processo de reestruturação do setor elétrico iniciado no final da década de 1990, muitas cooperativas foram incorporadas por concessionárias de distribuição de energia. Hoje, ainda estão em atividade 69 cooperativas deste tipo, as quais atendem a mais de 4 milhões de pessoas em 812 municípios brasileiros.

A proximidade da cooperativa de seus cooperados, principais interessados nos serviços prestados e donos do negócio, permite constante investimento na qualidade do atendimento e na infraestrutura oferecida para as comunidades atendidas. Tanto é que as cooperativas de distribuição de energia possuem tradicionalmente as melhores notas no Índice Aneel de Satisfação do Consumidor (IASC), base para o Prêmio ANEEL de Qualidade. Em 2020 as cooperativas de distribuição de energia obtiveram uma nota média de 68,90 enquanto os demais agentes de distribuição de energia obtiveram 60,97.

Com o passar do tempo, a demanda dos cooperados que antes estavam focadas em levar energia para suas regiões, foram sendo ampliadas, tendo em vista a evolução econômica e tecnológica do setor rural nos últimos anos. Assim, as cooperativas de infraestrutura passaram a englobar além das atividades de eletrificação rural, a mecanização agrícola, a limpeza pública, a telefonia, a irrigação, o saneamento, entre outros serviços comunitários.

Foi este processo dinâmico e peculiar do cooperativismo, onde o cooperado define os rumos de investimento de sua cooperativa, que deu origem a um novo ciclo do cooperativismo de infraestrutura, focado na expansão do acesso a serviços de telecomunicações, especialmente de conectividade. Atualmente, 8 cooperativas são controladoras de pequenos provedores de telefonia e internet, que atuam em comunidades de atividade predominantemente rurais. Elas têm como objetivo resolver o problema de falta ou precariedade de internet em regiões sem atendimento dos grandes *players* do mercado de telecom. Com o crescimento da demanda por conectividade, especialmente no campo, as cooperativas têm expandido suas áreas de atendimento e ampliado seus quadros de associados.

As cooperativas atuam nesse mercado, como as demais operadoras de telecomunicações, prestando serviços de telefonia móvel e banda larga fixa e móvel, principalmente no interior do país, levando comunicação, conectividade e criando novos mercados em regiões inicialmente com baixa atratividade para o mercado tradicional do setor. Segundo a OCB, já são pelo menos 5 cooperativas atuando diretamente nesse setor, atendendo aproximadamente 89 municípios do país.

Cooperativas e a qualificação da demanda por tecnologia

Como é possível constatar, ao se organizarem em uma cooperativa, os produtores rurais e moradores do campo passam a protagonizar as soluções para suas demandas e de suas comunidades. A proximidade

da cooperativa e do cooperado dá capilaridade aos empreendimentos desse tipo e aumentam a capacidade de identificação e qualificação das demandas de seus associados. Essa é uma característica fundamental para nortear investimentos públicos e ou privados eficientes.

É nesse sentido que o cooperativismo pode ser um grande parceiro no desafio de universalizar o acesso à internet nas áreas rurais, bem como de disseminar a adoção de tecnologias que coloquem o setor agropecuário brasileiro no mundo 4.0.

As soluções tecnológicas existentes hoje no mercado não se aplicam a todas as realidades e, portanto, investimentos eficientes necessitam entender muito bem as características de cada região e quais soluções melhor se encaixam nas condições socioeconômicas e territoriais dos produtores a serem atendidos. Ao se combinar a *expertise* das cooperativas agropecuárias e de infraestrutura nesse processo, certamente será possível acelerar a transformação tecnológica do agro.

A construção de um ambiente favorável

O desafio para o Agro 4.0 passa por dois grandes objetivos: universalização e acessibilidade. No primeiro objetivo, é preciso garantir que as tecnologias estejam disponíveis em todas as regiões do país, a começar pelo acesso à internet. Já o segundo objetivo diz respeito a quem pode se beneficiar dessas tecnologias. Nesse sentido, é importante garantir que todos os produtores, do pequeno ao grande, tenham condições de acessar as tecnologias disponíveis em suas regiões, de acordo com suas realidades e especificidades.

Para atingir esses objetivos é necessária a construção de um ambiente que atenda a pelo menos três premissas. Em primeiro lugar, a construção do ambiente político-institucional deve considerar e permitir ações integradas e diferentes modelos de atuação entre os agentes públicos e privados e entre demandantes e usuários das tecnologias.

Em segundo, é preciso garantir financiamento acessível e atrativo para estimular os investimentos, especialmente em infraestrutura. A utilização de fundos setoriais, a participação de bancos públicos e instituições públicas de fomento, bem como acordos com grandes *players* do mercado (a exemplo dos compromissos firmados no leilão do 5G), são estratégias essenciais para garantir um fluxo de investimentos seguros e constantes no setor de tecnologia do campo.

Finalmente, faz-se necessária a desburocratização do setor de tecnologia, acelerando autorizações e simplificando a carga regulatória e tributária sobre os investimentos no campo. Exemplos de ações nesse sentido são a permissão de prestação de serviços de telecomunicações por cooperativas (Projeto de Lei nº 8.824/2017) e adesão dos estados aos convênios do Confaz que promovem o diferimento do ICMS para a prestação de serviço de telecom e consumo de internet rural (convênios 139/2006, 19/2018, 148/2021 e 149/2021).

Ações relevantes para a difusão do Agro 4.0 via cooperativas

A estruturação de projetos e iniciativas voltadas a acelerar a adoção de novas tecnologias no campo brasileiro (como o Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0), passa por um mapeamento de oportunidades e desafios para a ampliação da conectividade e do acesso a tecnologias no meio rural por meio das cooperativas.

Identifica-se como oportunidades para esta adoção, a divisão das cooperativas em três grupos, baseados no nível de maturidade de cada região em relação à implantação de tecnologias de quarta geração no campo. A divisão em grupos também ajuda no desenho de projetos adequados, bem como acelera o processo de priorização das ações a serem desenvolvidas em cada região.

O primeiro grupo identifica as regiões com alto nível de maturidade em relação ao Agro 4.0. Essas regiões se caracterizam por possuírem infraestrutura e capacidade operacional disponíveis para

disseminação de tecnologias. São locais onde há cobertura de internet satisfatória, mão de obra e prestadores de serviço disponíveis, além de uma demanda por tecnologia estabelecida e conhecida. Nesses casos, a expansão do Agro 4.0 tende a ser rápida, dependente em grande parte da disponibilidade de recursos e financiamentos.

O segundo grupo é o das regiões com nível intermediário de maturidade. São locais com infraestrutura básica instalada, porém ainda não operacional ou insuficiente. Pode até haver uma demanda de tecnologia mapeada, porém ainda existem obstáculos ao acesso por parte dos consumidores ou ainda não existem prestadores de serviço atuantes na região. A expansão nesses casos ocorreria no médio prazo, dependendo de instalação de infraestrutura, financiamentos ou ainda autorizações regulatórias.

O terceiro e último grupo é formado pelas regiões menos adiantadas em relação ao Agro 4.0. São locais com pouca ou nenhuma infraestrutura instalada. Nessas regiões o desafio é maior que nas demais e normalmente demanda mais tempo, além do convencimento de diversos atores. A expansão depende do levantamento do potencial de demanda, da instalação de infraestrutura, financiamento e autorizações. Nessas regiões é importante ainda a atração de investidores, principalmente públicos, uma vez que são locais normalmente esquecidos pelos grandes *players* do mercado.

Entende-se que um trabalho nesse sentido tenderia a impulsionar o papel das cooperativas na disseminação de tecnologias do Agro 4.0 e poderia estimular o surgimento de importantes iniciativas para acelerar a digitalização do campo atendendo aos objetivos já citados de universalização e acessibilidade.

Exemplos de sucesso em cooperativas

Buscando estimular o interesse no tema e indicar fontes para estudos futuros, seguem a seguir alguns exemplos não exaustivos de ações

desenvolvidas por cooperativas e que têm contribuído para disseminação do Agro 4.0.

Tabela A. Casos de sucesso de cooperativas no Agro 4.0.

Iniciativa	Descrição	Mais informações
ABC Smart Farming	A Fundação ABC, um instituto de pesquisa agropecuária criado por três cooperativas (Frísia, Castrolanda e Capal), implanta campo experimental de agricultura inteligente para orientar seus mais de 5 mil associados na escolha e utilização de novas tecnologias.	https://fundacaoabc.org/
Avance Hub	Hub de inovação da cooperativa Coopla-cana, de Piracicaba, São Paulo, criado em 2018.	https://www.avancehub.com.br
Coffee Coin	Moeda digital criada pela cooperativa Minasul, de Varginha, Minas Gerais. Busca aumentar a capacidade de compra dos cooperados e tem seu valor lastreado no preço do café determinado pela Bolsa de Valores de Nova York.	https://www.coffee-coin.com.br/
Coopercitrus Campo Digital	Aplicativo criado pela cooperativa Coopercitrus, de Bebedouro, São Paulo. Possibilita ao produtor rural solicitar serviços de tecnologia agrícola pelo celular ou pelo computador.	https://coopercitrus.com.br/campo-digital/
Cooprel Telecom	Inicialmente uma cooperativa de distribuição de energia elétrica, a cooperativa Coprel, de Ibirubá, Rio Grande do Sul, foi pioneira em levar internet para o campo, inicialmente via rádio e posteriormente por meio de fibra ótica. Atende regiões do meio rural com pouco interesse dos fornecedores tradicionais.	https://www.coprel.com.br/telecom/apresentacao-coprel-telecom
Digital Agro	Plataforma de inovação criada pela cooperativa Frísia, de Carambeí, Paraná. Promove iniciativas em tecnologia e inovação para o campo.	https://digitalagro.com.br/
E-commerce Cooperante	E-commerce B2B criado pela cooperativa Cooperante, de Campo do Tenente, Paraná. Desenvolvida em parceria entre a área de vendas e um comitê de inovação da cooperativa.	https://www.cooperante.com.br/

Iniciativa	Descrição	Mais informações
Inspeção de elevadores de silos por meio de drones	Projeto desenvolvido em 2019 pela cooperativa Lar, de Medianeira, Paraná, a partir de seu programa Ideias da Cooperativa. Implantou o uso de drones na rotina de inspeção de elevadores de silos.	https://www.lar.ind.br/
Smartcoop	Ferramenta digital criada pela Federação das Cooperativas Agropecuárias do Estado do Rio Grande do Sul (FecoAgro/RS) e que disponibiliza aos produtores rurais acesso a funcionalidades como acompanhamento da lavoura, monitoramento por satélite, previsão do tempo, indicadores da cadeia leiteira, gerenciamento de rebanho, saldo de produtos na cooperativa, títulos a pagar, cotações e mecanismos de venda da produção.	https://www.smartcoop.br
Supercampo	Marketplace que liga grandes cooperativas aos principais fornecedores do mercado, disponibilizando insumos agropecuários para cooperados e produtores rurais.	https://www.supercampo.com

Importante também é o trabalho no âmbito Programa Agro 4.0, realizado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2020), em parceria com os ministérios da Economia, Agricultura e Ciência e Tecnologia. O programa visa estimular e fomentar o uso de tecnologias 4.0 no agronegócio e no seu primeiro edital, em 2021, selecionou e premiou 14 projetos pilotos de adoção e de difusão de tecnologias 4.0 no agronegócio, de forma a identificar modelos viáveis de aplicação de soluções, focadas em aumento de eficiência, de produtividade e redução de custos. Dentre os projetos selecionados, pelo menos três deles têm a participação de cooperativas.

Conclusão

Este capítulo apresentou o cooperativismo e demonstrou como as cooperativas podem ser parceiras na implantação e disseminação do Agro 4.0 no Brasil. Concluiu-se que a partir da experiência das

cooperativas agropecuárias e de infraestrutura é possível acelerar a disponibilização e adoção de tecnologias no campo, especialmente em regiões ainda pouco atendidas pelo mercado tradicional.

Referências Bibliográficas

ABDI. Programa Agro 4.0. Disponível em: <https://agro40.abdi.com.br>. Acesso em: 7 jul. 2022.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, 5 de outubro de 1988. Disponível em: <https://bit.ly/2Mqus4R>. Acesso em: 02 fev. 2022.

BRASIL. Lei nº 5.764, de 16 de dezembro de 1971, define a Política Nacional de Cooperativismo, institui o regime jurídico das sociedades cooperativas, e dá outras providências. Disponível em: <https://bit.ly/2U1urbZ>. Acesso em: 02 fev. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento & Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0, 2021-2024. <https://bit.ly/3uqpHQ6>. Acesso em: 02 fev. 2022.

OCB. Anuário do Cooperativismo Brasileiro 2021. Organização das Cooperativas Brasileiras. <https://bit.ly/3gh9yUU>. Acesso em 02 fev. 2022.

15) Domínio das tecnologias do Agro 4.0 como fator essencial para manutenção da competitividade do Brasil

Marcio Albuquerque

Contexto do agro brasileiro

Nos últimos 50 anos, o Brasil viveu uma revolução na sua agricultura. De um país que dependia de importações para alimentar sua população, tornou-se uma potência mundial na produção de alimentos, exportando para auxiliar na alimentação mundial. Olhar para o passado é importante para entender o momento que vivemos e o que podemos construir no futuro.

Sem dúvida, inúmeros fatores contribuíram para permitir chegar ao patamar atual. De todos, a construção de conhecimento agronômico e tecnologias que permitem produzir mais e melhor têm participação central. Estes mesmos conhecimentos, desenvolvidos com muita pesquisa e ciência, permitiram expandir as fronteiras agrícolas. Desenvolveu-se a agricultura tropical, gradualmente substituindo técnicas consagradas para condições climáticas distintas, por técnicas totalmente adaptadas às condições locais, como o plantio direto. Com um olhar contemporâneo, é fácil fazer um julgamento de que a preservação ambiental poderia estar na origem da expansão agrícola brasileira desde o princípio. Possivelmente, a forma de ocupação de diversas regiões do país seria diferente. No entanto, o mundo de 50

anos atrás era outro e não podemos supor que nossa visão presente, de conhecimento e preocupações, poderia ter sido aplicada em outra época. Com o passar dos anos, desenvolvemos, enquanto sociedade, ferramentas técnicas e legais que nos permitem corrigir e melhorar práticas que com o olhar atual foram inadequadas ou erradas.

Quando analisamos outros fatores que contribuíram na expansão agrícola do último meio século, fica ainda mais clara a importância estratégica do conhecimento agrônomo para o país. Sendo um país cuja economia depende cada vez mais do setor agrícola, as margens de lucro para o país necessitam do domínio nacional de partes estratégicas para a produção.

Ao lado do surgimento e consolidação do plantio direto, uma indústria de máquinas agrícolas, em sua maioria composta por empresas brasileiras, cresceu e se consolidou. Trabalhando em conjunto com os produtores, em uma aliança benéfica para ambos, máquinas projetadas para as diferentes condições brasileiras auxiliaram no aumento da eficiência no campo. O crescimento e expansão da agricultura e capacidade de investimentos fortaleceu a indústria. Paralelo à expansão da indústria de máquinas, a presença e participação das multinacionais de tratores e colheitadeiras se consolidou no período, trazendo para o país máquinas de padrão global. Estas indústrias são importantes pilares do desenvolvimento industrial de algumas regiões no interior do país.

A evolução das indústrias de biotecnologia e agroquímicos também foi de grande importância para o crescimento da nossa produção. Apesar dos esforços nacionais, nestes âmbitos, a adoção de tecnologias estrangeiras foi majoritária. Muitas destas tecnologias permitiram incrementos de produtividade para os produtores, com o devido pagamento de parte dos benefícios aos desenvolvedores da tecnologia. Nestas áreas, apesar das evoluções nacionais, o Brasil ainda é principalmente consumidor de tecnologias e produtos importados.

Outro fator fundamental para a produção e produtividade agrícolas é o uso de fertilizantes, dos quais o Brasil é fortemente dependente de importações.

Avaliando os fatores centrais que trouxeram o país até o atual nível de produção, fica clara a dependência de desenvolvimentos nacionais e conexão com um mercado global.

Tecnologias, digitalização e competitividade

Nas duas décadas iniciais do século 21, a humanidade passou por um rápido processo de digitalização de inúmeros setores. Cada vez mais atividades passaram a ter a troca de dados e informações como elemento central. Segmentos de serviços, em poucos anos, passaram de atividades de contato humano para atividades de trocas de dados. Mesmo áreas caracterizadas pelas trocas físicas, como o comércio, passaram a confiar e depender cada vez mais de dados. Neste contexto, o uso crescente de dados para gestão de atividades também chegou à agricultura.

Começando pela Agricultura de Precisão, que se define como um conjunto de técnicas de gestão agrícola baseada na variabilidade espacial e temporal existentes nas unidades produtivas buscando melhorar a eficiência no uso de recursos e da produtividade. Desde o começo do século, um número crescente de produtores brasileiros passou a usar informações geolocalizadas de seus solos e plantas, organizadas no formato de mapas, para determinar a melhor forma de distribuição de insumos em suas lavouras. Dados e mapas processados em formatos digitais e, igualmente de forma digital, enviados às máquinas para aplicações localizadas.

A adoção contínua de novas tecnologias trouxe a digitalização para outras atividades internas nas fazendas, como o monitoramento das máquinas e frotas agrícolas, acompanhamento climático, uso crescente de dados satelitais e de VANTs. Em outra frente,

existe também movimento e tendência de digitalizações das cadeias agrícolas fora das fazendas, incluindo atividades como comercialização, compra de insumos e atividades financeiras. Englobando todos os diversos aspectos da gestão agrícola, a disponibilidade de dados detalhados das mais diversas atividades relacionadas à produção, consiste simultaneamente em um grande desafio e oportunidade. A integração total de informações tem potencial para incrementos de eficiência muito importantes, mas exigirá novos conhecimentos e especialidades.

De uma agricultura que se expandiu e consolidou baseada em ciência e experiência, teremos cada vez mais uma nova agricultura que se baseará em dados somados à base da ciência e da experiência. Esta mudança explicitará uma nova forma de tomada de decisões, ao invés de opiniões, dados e evidências devem ser a base. Uma mudança cultural que será estimulada à medida que os resultados e ganhos demonstrarem as vantagens.

Como todo ganho de produtividade e rentabilidade obtido na agricultura, ficará a questão de como este ganho será dividido entre os diferentes atores na cadeia produtiva. O produtor sempre terá a opção de adotar ou não uma tecnologia se julgar que a parcela dos ganhos que lhe couber não forem atrativos. Quem desenvolver tecnologias que permitam ao produtor ganhos de eficiência também terá condições de demandar as partes dos novos ganhos. No entanto, diversos outros atores da atual configuração do mercado podem ter suas posições alteradas ou ameaçadas.

Enquanto nação, o Brasil também tem um grande desafio nesta transição. Como o crescimento das últimas décadas teve significativa parcela de contribuição de conhecimento e tecnologia nacionais, uma parte equivalente dos ganhos ficou no país, proporcionando o desenvolvimento de regiões e setores da economia. Em uma agricultura baseada em dados, quem dominar a tecnologia terá condições de exigir uma parcela importante dos novos ganhos. Por

um lado, o país não deve repetir os erros que já fez no passado, de tentar fechar seu mercado para tentar desenvolver tecnologia nacional. Precisamos garantir que os produtores brasileiros tenham acesso às melhores tecnologias disponíveis no mundo, para poderem seguir liderando o crescimento de produção de alimentos. No entanto, se nosso mercado não conseguir desenvolver soluções para esta nova agricultura que esteja em igualdade com as melhores do mundo, podemos ficar dependentes de tecnologias estrangeiras. Mesmo que se consiga que isto não afete a soberania de decisões, na divisão dos resultados econômicos não estaremos em condições favoráveis. Podemos nos tornar apenas um grande campo para aplicação e exploração de tecnologias digitais, biológicas e químicas importadas.

Para que o setor agrícola continue sendo um motor de desenvolvimento para o Brasil, é necessário ter simultaneamente acesso e domínio das melhores tecnologias da nova agricultura.

Muitas vezes, o desenvolvimento do país tendo a agricultura como base é questionado e até criticado por pessoas sem relações com o meio, alegam que o crescimento com base na exportação de commodities não é sustentável. Porém, nem todas commodities são iguais. Diferentemente de produtos minerais que são extraídos e exportados conforme a disponibilidade das reservas naturais, commodities agrícolas são produzidas de forma renovável e sua produtividade depende diretamente da tecnologia e do conhecimento empregados. Quando se exporta safras maiores a cada ano, estamos exportando dentro de cada grão de soja muita tecnologia usada para aumentar a produção das áreas já cultivadas.

Como país que precisa se desenvolver, temos que avaliar o valor da tecnologia empregada e sua origem. Os custos com as novas tecnologias devem ser adequados para deixar no país maior margem pela produção, não podendo ser mais caras que os benefícios que trazem. Se seguirmos investindo em desenvolver conhecimento agronômico e tecnologia nacionais para serem empregados no

crescimento da produção, dentro de cada grão de soja exportaremos um pouco do conhecimento, dos insumos e das tecnologias usadas para produzi-lo.

Desafios

Os desafios para o desenvolvimento nacional de tecnologias para o Agro 4.0 são inúmeros, apesar dos avanços já conquistados. Inicialmente, todos desenvolvimentos nesta área precisam contar com conhecimentos multidisciplinares desde a origem. Os conhecimentos das tecnologias digitais devem ser aplicados de forma conjunta com os conhecimentos agrícolas e agronômicos. Temos aí uma primeira grande dificuldade. Apesar de ter centros de excelência no desenvolvimento de tecnologias digitais como informática, eletrônica e áreas correlatas, normalmente estes estão localizados nos grandes centros urbanos, longe das áreas de produção agrícola onde se concentra a maior parte do conhecimento agrícola. Algumas regiões já fazem o movimento de aproximação, mas segue sendo um grande desafio atrair profissionais qualificados dos dois setores, ambos bastante aquecidos, para trabalhos em conjunto.

O tempo de adoção das tecnologias na agricultura é outro desafio que empreendedores e investidores que trabalham com tecnologia para o agro enfrentam. Além de questões culturais na adoção, mesmo as áreas mais dinâmicas do agronegócio têm seus ciclos de decisão e investimentos ligados aos ciclos naturais das culturas agrícolas, todos eles vinculado ao calendário anual das estações. Mesmo decisões rápidas, que envolvam apenas um ou dois ciclos agrícolas levam, no calendário, um ou dois anos. Quando pensamos no ciclo completo de uma nova tecnologia, do seu desenvolvimento à sua adoção no mercado, estamos falando de diversos ciclos agrícolas e, portanto, diversos anos. Então, os tempos de investimento e retorno do investimento devem ter esta realidade

em conta. Avaliando sob a ótica de um investidor capitalista, são tempos de retorno mais similares a setores como biotecnologia ou saúde, cujos tempos são longos, do que setores mais dinâmicos, como comércio ou serviços.

Estes tempos também impactam diretamente nas taxas de expansão realistas para empreendimentos e tecnologias desenvolvidas para o Agro 4.0. Mesmo após a entrada no mercado, os exemplos mostram tempos de adoção e consolidação da tecnologia seguindo os tempos ligados aos ciclos anuais. Pelo lado financeiro dos novos empreendimentos, estes tempos dificultam as opções. Em um cenário de busca por investidores externos, os tempos e recursos necessários são maiores. No caso de tentativas sem apoio externo, as taxas de crescimento possíveis também são um grande desafio, pelo ritmo possível de geração de caixa para reinvestimento.

Oportunidades

Apesar das dificuldades, a pujança do agronegócio apresenta inúmeras oportunidades para o desenvolvimento de tecnologias. Um mercado forte, distribuído e consumidor de tecnologia está aberto para empresas e tecnologias que demonstrarem que podem auxiliar no crescimento da produtividade ou eficiência. O país é líder ou player relevante em muitas cadeias do agronegócio. Empresas que se tornarem fornecedores preferenciais no mercado brasileiro estarão simultaneamente apoiando um setor importante e conquistando para si uma posição relevante no respectivo mercado global.

As primeiras empresas de tecnologia para o agro buscaram atender demandas mais latentes ou evidentes. Algumas conseguiram, mas muitas das necessidades e oportunidades maiores ainda não possuem soluções ideais, com oportunidades de melhoria. Além disso, muitos nichos, atrelados a setores importantes dentro do agro ainda não foram nem explorados.

Além disso, em um setor que movimenta bilhões todos os anos, poucas oportunidades de reinventar processos, com ganhos, já foram propostas. Algumas startups começam a propor soluções diferentes para questões como logística, cadeias de fornecimento ou soluções financeiras, mas ainda sem exemplos de processos tradicionais que tenham sido largamente substituídos por novas tecnologias. Ganhos de eficiência nos processos do agro podem trazer enormes ganhos e trazer novas dinâmicas ao setor. A tecnologia e conectividade tem grande potencial para apresentar ganhos no mercado agrícola extremamente distribuído geograficamente.

O desenvolvimento de tecnologia nacional, além de atender às necessidades estratégicas nacionais, traz ganhos diretos para as empresas e regiões envolvidas. Empresas que geram empregos de qualidade, baseados em tecnologia, têm impactos sociais positivos evidentes para as regiões nas quais atuam. Além do benefício imediato, têm potencial de gerar ciclos virtuosos na região, com mão de obra qualificada, busca por educação, manutenção e atração de talentos nas regiões e atração de novos investimentos. Muitas regiões agrícolas tradicionais viveram nas últimas décadas, em paralelo com o crescimento da agricultura, um contínuo movimento de migração de novas gerações para grandes centros urbanos. O incremento do uso de tecnologia tem exemplos e potencial para reverter este quadro, mantendo novas gerações no campo e atraindo para o mercado agrícola profissionais qualificados.

Respaldo pelo papel mundial da agricultura brasileira, o desenvolvimento de tecnologia para o Agro 4.0 é um dos poucos setores tecnológicos em que o país tem reais condições de almejar um protagonismo global. Mas, para isto, os esforços localizados de empreendedores e produtores, apoiados por investidores, alguns poucos centros de inovação e outros atores do mercado, deve se converter em uma política de estado. Não basta apenas criar algumas startups com a finalidade de vendê-las em alguns anos para corporações multinacionais.

Se, pelo lado do investimento e retorno, este pode ser um excelente negócio, do ponto de vista de estratégia nacional não garante uma posição forte de longo prazo. A criação de um ambiente de inovação forte, com atores de diferentes portes e segmentos é a alternativa mais saudável a longo prazo. Além da agilidade das startups, é necessário que as empresas já presentes no mercado de máquinas e implementos agrícolas, fornecimento de insumos e consultorias agrícolas sejam incentivadas a participar deste novo mercado. São empresas de diferentes portes e históricos que podem enriquecer o ambiente de inovação. Algumas se integram e crescerão. Outras, infelizmente, não se adaptarão e acabarão suplantadas por novos atores.

A pesquisa acadêmica também deverá exercer o seu papel. A pesquisa agrícola poderia se aproveitar da escala de dados que os experimentos nas fazendas (on-farm), baseadas em técnicas de agricultura de precisão e digital. Ao invés de análises baseadas em dezenas ou no máximo centenas de parcelas experimentais, pesquisas em redes, com as conexões adequadas entre academia e produtores, permitiria acesso a dados de milhares de condições diferentes. O progresso do conhecimento agrônômico tem potencial para crescer de forma acelerada se as tecnologias e conexões apropriadas forem utilizadas.

As entidades que representam e agregam os produtores, como cooperativas e confederações, já começam, em diferentes níveis de profundidade, a participar deste novo cenário. Algumas facilitando conexões dos produtores às tecnologias, outras até mesmo desenvolvendo tecnologias próprias. Estas entidades possuem papel fundamental para que a Agricultura 4.0 chegue aos produtores de diferentes perfis de forma inclusiva, permitindo que pequenos produtores tenham acesso e façam bom uso de tecnologias que individualmente não teriam acesso.

A adoção e o desenvolvimento de tecnologias que permitam a produção agrícola baseada em dados também têm grande potencial para o país enfrentar desafios geopolíticos ligados à produção em

larga escala. A imagem internacional da relação entre a agricultura brasileira e preservação do meio ambiente é um aspecto que o país terá que se preocupar cada vez mais. A rastreabilidade total das cadeias produtivas, da lavoura à mesa, também é fator de atenção estratégica. A adoção de tecnologias digitais, se bem desenvolvidas e aplicadas, podem ser ferramentas fundamentais no enfrentamento destes dois temas de preocupação global.

Soluções que conquistarem o mercado brasileiro têm uma plataforma para internacionalização. Apesar do tamanho do mercado brasileiro permitir que empresas possam ficar focadas apenas nele, já existem exemplos de empresas brasileiras de tecnologia para a agricultura se internacionalizando, algumas pela América Latina e outras mesmo para mercados desenvolvidos do hemisfério norte. Este movimento, do ponto de vista estratégico, é de grande importância. A internacionalização não apenas garante um maior equilíbrio entre a importação e exportação de tecnologias, mas obriga que estas empresas brasileiras se comparem diariamente com seus concorrentes globais, sem nenhum tipo de proteção que qualquer condição interna possa proporcionar.

Esta competição global pode abrir outros mercados para estas tecnologias brasileiras, seguindo caminhos já abertos por empresas brasileiras de máquinas e implementos agrícolas, como o leste europeu e a África.

Conclusão

Enquanto país que tem o agronegócio como um dos seus setores econômicos mais importantes, o domínio tecnológico das soluções do Agro 4.0 é questão de estratégia nacional. Não se deve cometer o erro de tentar forçar o desenvolvimento através de qualquer tipo de barreira, pelo contrário, devem-se criar políticas de estado, com forte participação dos atores de mercado, para que o país busque

real protagonismo mundial em tecnologias para a agricultura baseada em dados.

Apesar dos grandes desafios, as oportunidades de protagonizar o desenvolvimento científico e tecnológico na agricultura, agregando valor à produção nacional, devem ser tratadas com o máximo empenho pelos atores públicos e privados.

16) Inovação e sustentabilidade como pilares de posicionamento do agronegócio brasileiro para o mundo

Sueme Mori Andrade, Sibelle de Andrade Silva

Inovação como Fator Determinante para uma Agricultura Tecnológica

Nos últimos anos, o mercado internacional de produtos agropecuários cresceu de forma exponencial. Entre 2002 e 2012, o valor comercializado mundialmente aumentou 194%, passando de 389 bilhões de dólares para quase 1,2 trilhão de dólares¹. Em 2021, esse montante chegou a 1,5 trilhão de dólares.

O Brasil ocupa posição de destaque nesse mercado. Usando o mesmo período de comparação, entre 2002 e 2012, as exportações brasileiras de produtos agropecuários cresceram 379%, enquanto os Estados Unidos registraram aumento de 157%.

Atualmente, o Brasil é o terceiro maior exportador de alimentos do mundo, atrás apenas da União Europeia e Estados Unidos. No entanto, até a década de 1970 o país tinha uma agropecuária primária e importava boa parte dos alimentos que consumia. E foi com base em ciência, tecnologia e inovação que o país conseguiu fazer a transição para uma agricultura pujante e tecnológica.

1. Sem considerar comércio intrabloco da União Europeia.

Esse resultado é fruto de investimento em pesquisa e inovação. Em cinco décadas, o Brasil foi capaz de criar um modelo sustentável e competitivo de agricultura tropical, sem paralelo no mundo. A agricultura brasileira é movida a ciência e essa transição de um país importador para uma potência agroexportadora se deu por meio de pesquisa liderada, em boa parte, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), criada em 1973. Fundamentada em inovação aberta desde sua concepção, a Embrapa conseguiu promover a adaptação e tropicalização de cultivos. Além disso, fatores como o crédito facilitado e o empreendedorismo dos produtores rurais que subiram das regiões do Sul para o Centro-Oeste do país foram decisivos nesse processo.

Conforme dados da Embrapa, elaborados por Contini e Aragão (2021)², o Brasil alimenta cerca de 800 milhões de pessoas no mundo usando apenas 7,6%³ de suas terras com lavouras, sendo o maior exportador do mundo de açúcar, café, suco de laranja, soja, carne bovina e carne de frango.

Conforme dados do Relatório Retrospectiva 2019 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento⁴, em 40 anos a produção agropecuária brasileira cresceu 386%, mas a área produzida apenas 33%. O país é uma potência agrícola por vocação, contando com uma área de

2. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/26187851/Popula%C3%A7%C3%A3o+alimentada+pelo+Brasil/5bf465fc-ebb5-7ea2-970d-f53930b0ec25?version=1.0&download=true>. Acesso em: 25 jul. 2022.

3. Conforme dados do IBGE, de 2020 (disponível na Plataforma de Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra no Brasil (https://www.ibge.gov.br/apps/monitoramento_cobertura_uso_terra/v1/#/home) e noticiado em (<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/27207-area-agricola-cresce-em-dois-anos-e-ocupa-7-6-do-territorio-nacional#:~:text=Desde%20o%20in%C3%ADcio%20da%20s%C3%A9rie,terrestre%20e%20mar%C3%ADtima%20do%20pa%C3%ADs.>). Acesso em: 25 jul. 2022.

4. Relatório Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/campanhas/retrospectiva2019/imagens/retrospectiva.2019.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2022.

mais de 60% (66,3%)⁵ de vegetação protegida e preservada no ano do referido Relatório, de acordo com dados da Embrapa Territorial.

Graças a todo esse avanço, hoje o Brasil é o único país no mundo que produz até três safras anuais em algumas culturas. Isso é único no mundo e inovador na faixa tropical. O país é líder absoluto em tecnologia agropecuária tropical.

As Diretrizes do Ecossistema de Inovação para o Agronegócio no Brasil

Estudos da Organização das Nações Unidas mostram que o número de pessoas afetadas pela fome globalmente subiu para cerca de 828 milhões em 2021, um aumento de cerca de 46 milhões desde 2020 e 150 milhões desde 2019⁶. Verifica-se também na Edição de 2021 do Panorama Agrícola da OCDE-FAO⁷ que a demanda global de proteína de origem animal atingirá 374 milhões de toneladas até 2030, sendo que até 2040 estima-se um aumento de mais 14%. Além disso, os mesmos dados mostram que até 2030 a demanda será superior ao consumo estimado.

Além do aumento populacional, a urgência climática, a crise sanitária da Covid-19 e o conflito entre Rússia e Ucrânia contribuem para um cenário no qual a garantia da segurança alimentar mundial apresenta-se como um desafio ainda mais complexo.

Constantemente, o Brasil tem sido citado por organizações internacionais como ator fundamental para atender a demanda pelo aumento da produção de alimentos. Para além da questão do aumento populacional, que alcançará valores próximos a 10 bilhões

5. Informações disponíveis em: <https://www.embrapa.br/car/sintese>. Acesso em: 25 jul. 2022.

6. Dados do Relatório SOFI — *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022* (2022). Disponível em: <https://data.unicef.org/resources/sofi-2022/>. Acesso em: 25 jul. 2022.

7. OECD-FAO AGRICULTURAL OUTLOOK 2021-2030 — OECD/FAO 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb5332en/Meat.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2022).

de habitantes em 2050, há estudos que demonstram que a demanda calórica e a necessidade de garantia de segurança alimentar e nutricional pressionam ainda mais os sistemas alimentares. Estima-se que a demanda calórica para essa população crescente aumente 61% comparando o ano de 2010 ao de 2100. Caso se considere um possível aumento no índice de massa corpórea decorrente da superação de situações já instaladas de insegurança alimentar moderada e severa, tem-se a necessidade de aumentar em mais 19% a demanda de calorias (DEPENBUSCH; KLASSEN, 2019).

Somente com investimento em pesquisa e inovação, o Brasil conseguirá ampliar a sua relevância no mercado internacional de produtos agropecuários, se consolidando não apenas como principal alicerce da segurança alimentar global, mas fazendo isto de forma sustentável e inovadora.

O Brasil tem hoje um dos ecossistemas de inovação agropecuária mais vibrantes do mundo. Startups, institutos de pesquisa, universidades, instituições de ciência, tecnologia e inovação, bem como empresas e investidores privados compõem esse robusto ambiente. Além disso, pelo menos 50 hubs de inovação nas mais diversas regiões do país promovem continuamente iniciativas de inovação digital em várias cadeias agropecuárias tais como a cadeia do leite, da carne, soja, grãos, hortaliças, logística de transportes, entre outras.

O Radar Agtech Brasil 2020/2021, um mapeamento recente publicado pela Embrapa com apoio do Ministério da Agricultura e Pecuária do Brasil (MAPA), mostrou que existem no Brasil mais de 1.500 agtechs atuando em diversos segmentos. São negócios digitais ligados à produção agropecuária dentro da fazenda, a parte de suprimento de insumos, além de outros que integram toda cadeia indo para além da propriedade, tais como as startups que trabalham com rastreabilidade, blockchain, segurança dos alimentos, entre outros temas contemporâneos e estratégicos.

O novo paradigma do agronegócio no mundo, sem dúvida, será suportado pelo digital, acelerado pelo advento da pandemia de Covid-19. O Brasil e o mundo anteciparam a digitalização de 4 a 7 anos em vários setores da economia (McKINSEY&COMPANY, 2020). Contudo, há um cenário desafiador no agro: mais de 70% das propriedades rurais ainda não têm acesso à internet, conforme o estudo Cenários e perspectivas da conectividade para o agro (BRASIL, 2021). No entanto, isso contrasta com o fato de que 85% dos pequenos e médios produtores já estão usando algum tipo de tecnologia digital para gerenciamento de suas propriedades (BOLFE *et al.*, 2020). E mais: 94% dos produtores rurais têm celulares e, desses, 68% possuem smartphones (REVISTA AGRONEGÓCIO, 2021).

A conectividade e as ferramentas da agricultura digital são insumos fundamentais para a inovação agropecuária. Para superar os desafios e promover o futuro do agronegócio, o MAPA definiu cinco eixos estratégicos para fundamentar a inovação na agricultura brasileira

O primeiro é a Sustentabilidade, com competitividade e responsabilidade. O Plano para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, ou Plano ABC, já contribuiu para a mitigação entre 100,21 e 154,38 milhões de Mg CO₂ eq. no período de 2010 a 2018, indicando que as metas de redução das emissões de gases de efeito estufa estão sendo cumpridas. Os dados do setor agropecuário brasileiro demonstram ainda o potencial do país em implementar e cumprir seu Compromisso Nacionalmente Determinado (Nationally Determined Contributions), firmado no âmbito do Acordo do Clima de Paris, para o período 2020 a 2030 reforçando os resultados positivos dos esforços de inovação e sustentabilidade.

O segundo pilar é a Inovação Aberta, a partir da qual a agropecuária pode crescer por meio de parcerias estratégicas concretas, nacionais e internacionais. O MAPA acompanha de perto o crescimento das startups do agro e consolida no Portal Agro Hub

Brasil⁸ todas as informações sobre os ambientes, hubs, ações, eventos e oportunidades para todos os ecossistemas regionais de inovação para o agro no país, tendo ainda a perspectiva de representar a ponte entre o universo nacional de inovação para o agronegócio e as oportunidades em diversos países do mundo.

O terceiro, a Bioeconomia, com ênfase na robusta agricultura de base biológica. Em 2020, o Brasil bateu o recorde de produtos fitossanitários sustentáveis registrados, foram 95 defensivos agrícolas biológicos de baixo impacto, quase o dobro do recorde de 2018. Com isso, há mais de 400 produtos biológicos de baixo impacto disponíveis para os agricultores. Esse avanço foi possível em razão de esforços de todo setor e o lançamento do Programa Nacional de Bioinsumos contribuiu para esse amadurecimento, alavancando as iniciativas de inovação e de desenvolvimento de novos insumos de base biológica.

O quarto pilar é a área de FoodTech, que inclui mecanismos de agregação de valor nas cadeias produtivas, onde se centra a próxima fronteira das tecnologias de alimentos com o foco em sustentabilidade e diversificação. Ele inclui tecnologias de rastreabilidade, para atender consumidores cada vez mais exigentes e para confirmar a saudabilidade e origem dos alimentos consumidos. Há oportunidade para encurtamento das cadeias alimentares, inovações em logística e novas formas de agregação de valor sem precedentes.

O quinto pilar permeia todos os demais e sustenta o futuro da tecnologia na agropecuária. É a agricultura digital, a digitalização dos serviços e seu uso para o desenvolvimento de novos produtos. O Brasil vem adotando estratégias ousadas de conectividade rural para levar aos produtores, pequenos, médios e grandes, conhecimento, oportunidade de uso de dispositivos e sensores que permitam

8. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/agrohub-brasil>

um controle em tempo real da produção, proporcionando dados climáticos que promovam previsibilidade de alto nível.

O pilar digital pode tornar exponencial as conquistas da agropecuária até aqui e se soma com a vocação nacional para o agro sustentável.

As Oportunidades para Sustentabilidade no Cenário Internacional

A produção e comercialização de alimentos no mundo enfrenta o desafio duplo de ampliar a oferta, reduzindo o impacto ambiental.

Produzir de forma ambientalmente sustentável deixou de ser diferencial competitivo e hoje é pré-requisito de entrada em diversos mercados. Consumidores e governos demandam cada vez mais a garantia de que o alimento comercializado no seu país foi produzido dessa maneira. Como forma de comprovar que um produto atende a esses requisitos ambientais, o mercado internacional exige desde certificações privadas até o cumprimento de legislações nacionais específicas para produtos importados.

A estratégia europeia “Farm to Fork”⁹ é um exemplo de medida internacional que afeta não só os países da União Europeia (UE) mas os seus parceiros comerciais, como o Brasil. Elaborada com o objetivo de reduzir a pegada ambiental e climática do sistema alimentar da UE, ela inclui metas de redução de 50% na utilização de pesticidas e alcance de 25% de produção orgânica.

A adoção de tecnologias de baixa emissão de carbono e rastreabilidade estão no centro desse debate.

Um exemplo brasileiro bem-sucedido é relacionado às recentes iniciativas de materialização em marcas-conceito, do conhecimento e das práticas geradas em novos sistemas agroalimentares. Estas não só

9. Tradução livre: “Da fazenda ao prato”. Disponível em: https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en#Strategy

colocam o Brasil como protagonista no enfrentamento das mudanças climáticas, como também na inovação no seu sentido pleno. Ao traduzir marcas-conceito em produtos comerciais, dá-se sentido de mercado às iniciativas sustentáveis, tornando tangíveis conceitos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e fortalecendo o setor pecuário brasileiro como um todo.

Por exemplo, desde 2012, o país desenvolve, por meio da Embrapa, diretrizes para protocolos de produção e valorização da carne bovina em sistemas sustentáveis, com base em marcas-conceito, culminando no lançamento das marcas Carne Carbono Neutro, para sistemas de integração com o componente florestal e Carne Baixo Carbono, para sistemas de integração ou pastagens exclusivas, sem o componente florestal.

Além disso, a agregação de valor e os benefícios são transversais. No caso da pecuária, o bem-estar animal, incluído nos protocolos desenvolvidos para a marca-conceito Carne Carbono Neutro passou a ser visto, em grau crescente, como elemento importante da sustentabilidade e proteção de recursos naturais, sendo considerado, por exemplo, como parte integrante de 16 dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), da Organização das Nações Unidas.

Inclusive, mantendo o foco em ciência, futuro e inovação na agropecuária, o Brasil seguirá avançando nos compromissos relacionados à adaptação às mudanças climáticas, principalmente por meio da priorização do contínuo desenvolvimento da agricultura de baixo carbono, alcançando o desenvolvimento, em escala e em múltiplas cadeias, de produtos com origem em sistemas produtivos descarbonizantes.

Abrir caminho para inovação na agropecuária é competência inata do agricultor brasileiro. O país, mesmo passando por adversidades, as supera. Inovação é gerar riqueza e impacto positivo para a sociedade.

O uso de integração lavoura-pecuária-floresta, em suas diferentes combinações, será crescente. O efeito “poupa-terra” estará mais

presente na racionalização do espaço rural. Requisitos de bem-estar animal serão, cada vez mais, condições para atendimento aos mercados. A análise do ciclo de vida do produto — do campo à mesa — com uso eficiente de insumos — hoje pautado em carbono — muito em breve em água e outros componentes essenciais, farão a diferença na equação produtiva. Os processos produtivos MRV (mensuráveis, reportáveis e verificáveis) serão o diferencial em complementação aos selos e marcas.

Para a década que se inicia os *drivers* associados à inovação serão alavancas para elevar o patamar da agropecuária brasileira e demonstrar, com base em ciência, sua sustentabilidade. São novas lógicas que ampliarão a posição de destaque do Brasil em relação aos aspectos econômico, social e ambiental no cenário global. Inúmeras cadeias do setor terão que se transformar.

O Brasil tem inúmeros insumos para contribuir com os avanços em tecnologias agropecuárias internacionalmente, tanto os oriundos da biodiversidade como principalmente aqueles decorrentes de capacidade técnica e experiência dos agricultores. Para continuar inovando precisamos ir além de nossas fronteiras, trocar experiências e buscar elevar os patamares de uso de tecnologias na agropecuária mundial, com sustentabilidade, competitividade e lançando mão de iniciativas inovadoras e ousadas para democratizar o acesso ao bem mais caro da vida, o alimento.

Unir forças com nossos parceiros internacionais em sinergia com a vocação para uma agropecuária inovadora e sustentável trará inúmeros benefícios em prol de toda a sociedade. Nesse cenário, a inovação será imprescindível para posicionar continuamente a agropecuária com a realidade global, contribuindo para evitar o avanço da fome e ampliar a segurança alimentar no mundo.

A inovação é o *driver* para o futuro das Nações. E na agricultura é o caminho para a sustentabilidade, para termos mais alimentos, mais saúde e qualidade de vida.

Referências Bibliográficas

AGRONEGÓCIO, REVISTA. 8ª Pesquisa Hábitos do Produtor Rural ABMRA, 2021. Disponível em: <https://revistadeagronegocios.com.br/8a-pesquisa-habitos-do-produtor-rural-abmra/>. Acesso em: 02 jul. 2021.

BOLFE, E. L.; JORGE, L. A. C.; 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. 44 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agropensa/produtos-agropensa>. Acesso em: 02 jul. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cenários e perspectivas da conectividade para o agro. Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. Brasília: MAPA/AECS, 2021. Disponível: livro-conectividade-agro v2.indd (www.gov.br). Acesso em: 17 jul. 2021.

DEPENBUSCH, L.; KLASSEN, S. (2019) The effect of bigger human bodies on the future global calorie requirements. PLoS ONE 14(12): e0223188. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223188>

FIGUEIREDO, S. S. S.; JARDIM, F.; SAKUDA, L. O. (Coords.) Relatório do Radar Agtech Brasil 2020/2021: Mapeamento das Startups do Setor Agro Brasileiro. Embrapa, SP Ventures e Homo Ludens: Brasília, 2021. Disponível em: www.radaragtech.com.br. Acesso em: 28 mai. 2021.

McKINSEY&COMPANY. A mente do Agricultor Brasileiro na Era Digital. AEPR. 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 jun. 2021.

RADAR AGTECH BRASIL 2020/2021: mapeamento das startups do setor agro brasileiro/Cleudson Nogueira Dias [et al.], editores técnicos. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: https://radaragtech.com.br/wp-content/uploads/2022/05/Livro-Radar-Agtech-2022-pt_br.pdf. Acesso em: 20 jul. 2022.

17) Agro 4.0: reflexões, caminhos futuros e considerações finais

Eduardo Mario Dias, Durval Dourado Neto, Maria Lídia Rebello Pinho Dias Scoton, Isabela Mendes Gaya Lopes dos Santos, José Henrique Videira Menezes, Diego Humberto de Oliveira

Ainda que o Brasil tenha se destacado historicamente no uso de tecnologias no setor agropecuário, são muitos os desafios a serem vencidos para a democratização e ampliação do Agro 4.0 no país. Objetivou-se com este livro apresentar um panorama amplo do Agro 4.0 brasileiro, considerando os desafios e, especialmente, as oportunidades que podem contribuir para a implementação das novas tecnologias nas diferentes regiões produtoras do país.

Esta obra contou com a valiosa perspectiva de atores da academia, do setor público e de fomento, do setor privado — startups, produtores e associações, do cooperativismo, entre outros ângulos relevantes para se pensar o desenvolvimento sustentável da agricultura e pecuária brasileira a partir da inovação.

Começando pelo ministro Roberto Rodrigues e Mônica Bergamaschi, foi possível avaliar o contexto amplo da agropecuária brasileira, em especial no enfoque ao desafio da segurança alimentar mundial e da competitividade. Os professores Claudio Bazzi, Kelyn Schenatto e Ricardo Sobjak, por sua vez, apresentaram os principais conceitos sobre o Agro 4.0 e seu paralelo com a Indústria 4.0. Os pesquisadores Silvia Massruhá, Maria Leite e Édson Bolfe contribuíram com o olhar da pesquisa, do uso atual das tecnologias

do agro digital e das perspectivas de aplicações futuras, sinalizando a fronteira do conhecimento no tema. Já os professores Rodrigo Fernando Maule, Alberto Giaroli de Oliveira Pereira Barretto, Sérgio Paganini Martins e Durval Dourado Neto agregaram a visão do processo de digitalização no campo, além de discutirem em profundidade aspectos centrais da competitividade como conectividade, capacidade e conteúdo. Inovação em modelos de negócios, empreendedorismo inovador e a influência das plataformas para a difusão da tecnologia no campo foram temas abordados por Marcos Souza e José Menezes.

Alguns dos atores trouxeram também contribuições em uma abordagem mais próxima do dia a dia do produtor, como, por exemplo, o empreendedor Marcos Ferraz, que trabalhou aspectos de gestão da propriedade e como, na “ponta de lápis”, às tecnologias de Agro 4.0 podem impactar a produtividade no campo. No mesmo sentido, o artigo de Isabela Gaya, Ana Peixoto, Bruno Jorge e Marcela Carvalho, representando a perspectiva do fomento à inovação, discorreu sobre os resultados de 14 projetos pilotos — em diversas regiões do Brasil — voltados para a adoção e difusão das tecnologias habilitadoras no campo, ampliando o conhecimento sobre as oportunidades e desafios a partir de resultados práticos.

Buscando agregar conhecimento em segmentos específicos do agro, os empreendedores Murilo Santos e Tiago Albertini abordaram o uso de tecnologias 4.0 para a tomada de decisão e o impacto na produtividade e sustentabilidade na pecuária. Alexandre Horn, Camila Dias, Jusoan Mór e Matheus dos Santos compartilharam suas perspectivas a partir da robótica no campo e a evolução de seu uso na fruticultura de precisão. O uso da tecnologia para viabilizar a irrigação de precisão foi trazido pelas empresárias Fabiane Kuhn e Dionata Filippi e para plantadoras de cana-de-açúcar foram trazidas por Djessica Matte, ressaltando casos práticos de adoção e resultados.

Considerando os desafios de infraestrutura, Milana Lima dos Santos trouxe um panorama e possíveis enquadramentos do consumidor de energia elétrica no ambiente agropecuário, considerando a implantação de projetos de geração elétrica de pequeno porte, aproveitando potenciais hidráulicos, solares, eólicos, biomassa, biogás, entre outros, que pode trazer benefícios financeiros ao produtor rural.

Esta obra trouxe ainda reflexões de Eduardo Oliveira, Rafael da Costa e Julia Barros de Deus sobre o papel da assistência técnica e gerencial para a difusão de Agro 4.0, bem como a respeito do papel do cooperativismo, tema abordado por Marco Oliveira e Leonardo Reis. Trouxe também, no artigo de Raimundo Deusdará Filho e de Nathalia Damaceno Hott, o processo de desenvolvimento e a estrutura do Observatório da Agropecuária Brasileira, que tem o propósito de integrar, sistematizar e disponibilizar informações do setor, por meio de inovadora solução tecnológica para uso na formulação e revisão de políticas públicas.

Compartilhando de elementos similares para o posicionamento internacional do agronegócio brasileiro, as autoras Sueme Mori Andrade e Sibelle de Andrade Silva abordaram os pilares da inovação e sustentabilidade. Por fim, buscou-se mostrar também não só os benefícios do uso das tecnologias 4.0, por meio dos cases, mas os aspectos do conhecimento necessário para o desenvolvimento em si de tais tecnologias, equipamentos e soluções, condição essencial para a manutenção da competitividade brasileira na visão do engenheiro e empresário Marcio Albuquerque.

Conforme apontado pelo conjunto dos autores, de forma simplificada, as principais dificuldades para o uso das tecnologias 4.0 no campo envolvem a necessidade de maior disponibilização de infraestrutura, os altos custos de implementação e a necessidade de maior difusão do conhecimento entre os envolvidos.

Com efeito, ações como a ampliação da conectividade, melhorias na logística e maior oferta de capacitação estão entre as principais

temáticas que podem contribuir para o avanço da transformação digital no campo, com os consequentes ganhos de produtividade, sustentabilidade e competitividade para o país. A seguir, complementando o conteúdo já abordado pelos autores anteriores, são abordadas essas três frentes.

Principais dificuldades do Brasil no Agro 4.0

A falta de entendimento e conhecimento dos produtores rurais e trabalhadores no processo de implantação de tecnologias 4.0 pode estar relacionada a uma série de fatores, como a falta de profissionalização na gestão, a dificuldade de encontrar e reter talentos, a falta de capacitação continuada dos trabalhadores, além dos desafios de se ter estratégias e instrumentos que possam ajudar o produtor a ampliar seus conhecimentos e colaborar com o desenvolvimento de uma cultura mais inovadora.

Um dado importante a se considerar é que, segundo o último censo agropecuário (IBGE, 2017), 15% dos produtores declararam que nunca frequentaram escola; 14% frequentaram até o nível de alfabetização, e 43%, no máximo, o nível fundamental. Assim, podemos constatar que 73% do total de produtores possui, no máximo, o ensino fundamental (antigo primário) por nível de escolaridade e 23% declararam não saber ler e escrever. Apenas uma pequena parcela possui nível médio ou educação superior. Estes dados mostram uma realidade importante do Brasil, que exemplifica uma das principais dificuldades que estão relacionadas com condicionantes para o avanço no uso de tecnologias no país.

Quanto à capacitação, o Brasil hoje possui uma série de organizações de ensino que disponibilizam cursos que auxiliam o produtor no seu processo de aprendizado. No entanto, observa-se que o Agro 4.0 ainda precisa de maior oferta. Um fator também a se considerar é a orientação técnica especializada, geralmente

prestada aos estabelecimentos agropecuários por profissionais habilitados com a finalidade de transmitir conhecimento e orientar os produtores rurais. Independentemente de uma análise do escopo e da qualidade das orientações técnicas, estas podem contribuir como um instrumento relevante para um aumento da capacidade de difusão tecnológica no campo, em especial para os pequenos e médios produtores.

Adicionalmente, vale ressaltar que, no âmbito mundial, entre um quarto e um terço dos alimentos produzidos anualmente para o consumo humano se perde ou é desperdiçado (FAO, 2013). A FAO estima que 6% das perdas mundiais de alimentos se dão na América Latina e no Caribe e a cada ano a região perde e/ou desperdiça cerca de 15% dos alimentos disponíveis. As perdas e desperdícios se dão ao longo da cadeia produtiva: 28% pelos consumidores, 33% na produção, 17% no mercado e na distribuição, 22% durante o manejo e o armazenamento e 6% no processamento (BENÍTEZ, 2021).

Isso mostra não só as oportunidades de desenvolvimento de tecnologias, como é o caso da “Logística 4.0”, mas os desafios de se sensibilizar os envolvidos na importância de adaptação de práticas e processos que levem à redução de desperdícios de alimentos.

Em relação à infraestrutura, de acordo com o Censo Agropecuário (IBGE, 2017), apenas 28% dos estabelecimentos rurais tinham acesso à internet em 2017. Quanto à cobertura em área, estima-se que menos de 10% do território agrícola brasileiro esteja conectado atualmente. O acesso à internet no meio rural no Brasil é realizado principalmente em estabelecimentos de grandes extensões. Quanto a estabelecimentos até 100 hectares (ha), o acesso à internet se dá em 27% dos estabelecimentos; na faixa de 100 ha a 1.000 ha, o percentual de acesso é de 32%; e, na faixa acima de 1.000 ha, o percentual de acesso à internet é de cerca de 49%.

Algumas razões pelas quais o investimento em conectividade rural ainda é pequeno inclui questões como (BNDES, 2020): a) alto custo de instalação de antenas e a necessidade mínima de geração de receita (para as operadoras de telefonia celular) fazem a conectividade só estar disponível às áreas urbanas e às grandes propriedades agropecuárias, que conseguem diluir esse custo em sua própria área, sem depender de acordos com outros proprietários; b) alta fragmentação territorial em pequenos e médios produtores rurais, que inviabiliza os investimentos em redes próprias quanto a falta de maior conhecimento dos retornos que a Agricultura 4.0 podem propiciar; c) restrições em linhas de financiamento — uma das principais linhas de financiamento, o Inovagro financia somente até R\$ 1,3 milhão por cliente, mesmo no caso de cooperativas agroindustriais (para empreendimentos coletivos, o limite é de R\$ 3,9 milhões).

A questão da necessidade de investimentos para aquisição de conectividade colabora, em boa parte, com os elevados custos de implementação da tecnologia. Segundo EMBRAPA (2021), 67,1% dos entrevistados declararam o valor do investimento na aquisição de máquinas, equipamentos e aplicativos como a principal dificuldade dos produtores rurais na adoção de tecnologias digitais.

As próximas seções detalham algumas das principais oportunidades para a ampliação de Agro 4.0 no Brasil, destacando os aspectos da conectividade, logística e capacitação.

Conectividade

O Agro 4.0 envolve um conjunto de conceitos e tecnologias como dispositivos, aplicações e equipamentos, além da conectividade. A conectividade é um fator essencial para o uso do Agro 4.0, pois permite, por exemplo, que as informações de campo cheguem aos centros de operação, em tempo real, para que os aplicativos realizem as análises de dados necessárias para a gestão e uma rápida tomada de

decisão. Os próprios dispositivos inteligentes podem atuar por meio de interações com sistemas de informações.

Segundo o relatório do USDA (2019), a conectividade pode permitir uma série de benefícios para o ambiente rural, como melhor qualidade e maior quantidade de informações, integração de dados para melhorar a tomada de decisões; melhor captura de informações, alimentando dados para a “Internet das Coisas”, possibilitando a automatização de atividades; informações em tempo real que ajudam na tomada de decisões; redução das assimetrias de informação para trazer maior eficiência de mercado.

Conforme apontado anteriormente, um dos principais gargalos na adoção de tecnologias digitais no campo é a conectividade. A imensa extensão territorial brasileira, a diversidade de cenários e o equilíbrio entre oferta e demanda nos modelos de negócios atuais do serviço de internet dificultam a viabilidade técnica e econômica de implementar e operar uma infraestrutura de conectividade com o escopo e qualidade necessários (LIMA *et al.*, 2020).

Segundo estudo demonstrado no relatório do MAPA (2021), a instalação de 15.182 conjuntos de torre/antena e uma cobertura final de 90% da demanda de conectividade no campo, contribuiria para o incremento de R\$ 101,47 bilhões para a economia do país.

O BNDES (2021) realizou uma pesquisa utilizando estimativas de custos de investimentos de infraestrutura de conectividade rural com os potenciais ganhos em produtividade. Verificaram que, como a conectividade exige um investimento mínimo, levar a conectividade para áreas de menor porte pode ser extremamente custoso para seus produtores, pois não há a escala mínima necessária para torná-la viável. Por isso, os produtores de grande porte lideram os investimentos na implantação de redes privadas, ou, mesmo, na aquisição de serviços de conectividade. Assim, uma das propostas do estudo é o estímulo a investimentos compartilhados de redes de internet (seja por meio de empreendimentos coletivos, seja por

intermédio de cooperativas agroindustriais) como oportunidade para destravar a difusão do Agro 4.0 no Brasil.

Conforme também já citado neste livro, uma das alternativas para os investimentos coletivos são as cooperativas de infraestrutura, que possuem capilaridade para identificar as necessidades dos produtores rurais, além de possuírem capacidade para oferecer internet rural às cooperativas agrícolas. Atualmente, esse modelo ainda não se mostra viável em função da legislação vigente, mas existem iniciativas e projeto de lei em andamento para a alteração deste cenário.

Quanto às oportunidades de ampliação do crédito, está em debate o uso do Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (Fust) como fonte de empréstimos incentivados para projetos de ampliação dos acessos de banda larga em áreas de menor atratividade para o mercado, claramente com vocação de atender aos investimentos em áreas rurais (BNDES, 2021).

Nos próximos anos, as redes 5G irão desempenhar um importante papel no aumento da produtividade do setor agrícola. O serviço de computação em nuvem baseado na Internet das coisas (IoT) na rede 5G oferece soluções flexíveis e eficientes para a agricultura inteligente. Isso permitirá a operação automatizada de várias máquinas agrícolas não tripuladas para as fases de aração, plantio e manejo da lavoura e, por fim, alcançará operações seguras, confiáveis, ecologicamente corretas e com eficiência energética e possibilitará fazendas não tripuladas (Tang *et al.*, 2021).

O 5G pode trazer diversas oportunidades e uma série de benefícios para o campo, mas importante também ressaltar que existem outras formas de conectividade, sejam as demais redes celulares (2G, 3G, 4G), rádio, satélite ou cabeada, que podem ajudar nos desafios e nas necessidades dos produtores rurais e agroindústrias.

Para todas essas ações será imprescindível a ampliação da segurança cibernética na cadeia agroindustrial brasileira, além de tipificação da propriedade dos dados gerados nas unidades produtivas.

Logística 4.0

De forma simplificada, a Logística 4.0 pode ser definida como “a transformação da logística orientada por hardware para a logística orientada por software” (TIMM; LORIG, 2015). A partir da integração de sensores, atuadores, máquinas e pessoas, ela traz a possibilidade de desenvolvimento de ecossistemas transparentes, com diversos sistemas provendo dados úteis para que as cadeias de suprimento possam operar com alta performance, contando com visibilidade e controle de ponta a ponta e atendendo consumidores e empresas cada vez mais exigentes.

Assim, as lideranças das organizações passam a poder tomar decisões com antecedência graças aos dados, mitigando problemas como atrasos, quebras de máquinas e interrupções nos fluxos ao longo das cadeias. Ao mesmo tempo, aumentam-se as possibilidades para a customização em massa (que requer flexibilidade e descentralização) a preços acessíveis e com sustentabilidade. Blockchain, inteligência artificial, internet das coisas (IoT), computação em nuvem e outras tecnologias habilitadoras (além das redes sociais) já disponíveis estão tornando tal contexto — altamente desafiador — cada vez mais presente.

Estudos demonstram que a logística ajuda a determinar uma maior ou menor produtividade e até mesmo o sucesso ou insucesso de empresas (ISLAM *et al.*, 2013). Fatores como preço, qualidade, variedade e tempo de entrega são todos impactados pela logística, o que por sua vez afeta a satisfação dos clientes (DAVIS-SRAMEK *et al.*, 2008).

Entre os benefícios apontados dos modelos e casos de uso, destaca-se uma melhor visibilidade dos produtos, redução de estoques e produtos danificados ou vencidos, menores erros (por exemplo em inventários), ganhos de produtividade (armazéns e áreas de circulação), menores custos de mão de obra (que pode passar a atuar em tarefas mais complexas), maior sustentabilidade (a partir de redução do uso de energia nas operações), além de permitir inovações

no planejamento, produção e distribuição, viabilizados por maior transparência, agilidade e eficiência a partir de fluxos bidirecionais de informação (ZHAI, Z. *et al.*, 2020; WINKELHAUS; GROSSE, 2020).

Já se apresentam soluções com containers ativos inteligentes, capazes de tomar decisões de otimização de carregamento ou ainda indicar quando determinados parâmetros foram atingidos (temperatura, deslocamento, luminosidade etc.) (SALLEZ *et al.*, 2016), veículos autônomos guiados (AGV) de carga que podem realizar ultrapassagens e evitar colisões com outros objetos (ZHANG *et al.*, 2018), sistemas de realidade aumentada combinada com RFID que apoiam os trabalhadores na identificação precisa de itens (GINTERS; MARTIN-GUTIERREZ, 2013), além de problemas de distribuição entre provedores logísticos e varejistas sendo resolvidos com a interface direta com os clientes via redes sociais (BHATTACHARJYA *et al.*, 2018).

Até recentemente derivada de combinações de CFTV, OCR, escâneres de containers, lacres eletrônicos e outras soluções similares, a inovação passa a ganhar outra escala de possibilidades a partir de sistemas ciberfísicos intensivos em IoT, inteligência artificial, big data, computação em nuvem e outras tecnologias habilitadoras cujos custos tornam-se cada vez mais acessíveis.

O Brasil, com 63 mil quilômetros de rios navegáveis e mais de 7.000 quilômetros de litoral, possui significativas oportunidades de dinamização econômica — em especial para o agronegócio — para avançar com a Logística 4.0 aplicada à infraestrutura rodoviária, ferroviária e de acesso marítimo (CNT, 2019). Nesse sentido, verifica-se um crescente número de startups relevantes surgindo no Brasil, seja armazenamento, infraestrutura e ou logística.

Infraestruturas e serviços como inteligência artificial cognitiva para acompanhamento da produção, manutenção preditiva de máquinas, monitoramento das propriedades em tempo real, análises multiescalares e multifontes dos riscos agrícolas, entre outras soluções,

combinadas com a Logística 4.0, permitirão ganhos significativos de competitividade e sustentabilidade ao agronegócio brasileiro (MASSRUHÁ *et al.*, 2020).

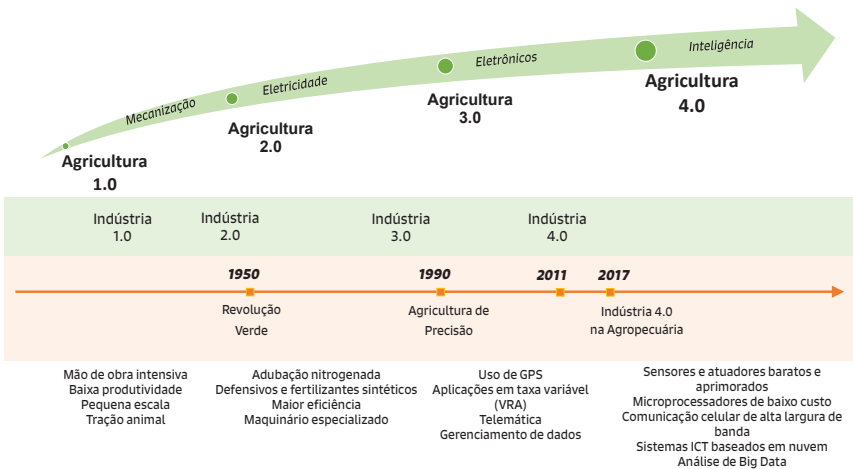
Verifica-se que a adoção da Logística 4.0 em escala depende de políticas públicas, pressão competitiva, aspectos de segurança, além de, em uma perspectiva de recursos humanos, apoio dos altos executivos das organizações, mas também de capacitação para *upskilling* e *reskilling* dos trabalhadores. A boa notícia, na perspectiva tecnológica, é que quase todas as tarefas em sistemas logísticos podem ser transformadas em Logística 4.0 (WINKELHAUS; GROSSEC, 2020).

Capacitação

O paralelo entre a evolução agrícola e industrial, demonstrado na Figura 1, pressupõe que as habilidades profissionais ao longo da cadeia agroindustrial deverão ser aperfeiçoadas com o avanço no incremento tecnológico dos sistemas produtivos.

Acredita-se que o aumento da conexão entre os segmentos da cadeia agroindustrial por meio de softwares, sistemas e equipamentos tecnológicos (sensores e atuadores); os dados compilados, processados e analisados computacionalmente para melhorar o uso de insumos, a prestação de serviços e o uso de técnicas de agricultura de precisão, possibilitarão a fusão dos mundos físico, digital e biológico no campo.

Figura 1. Mudanças de paradigmas na agropecuária.



Fonte: Adaptado de Bongomin *et al.* (2020) e Liu *et al.* (2020).

Nesse cenário de alto potencial para a competitividade da agropecuária nacional, a heterogeneidade das unidades produtivas — sob os aspectos sociodemográficos, geográficos, tipos e sistemas de produção, escala produtiva e modelos de negócios —, suscita a seguinte questão: quais habilidades profissionais serão necessárias entre os diferentes agentes da cadeia agroindustrial do futuro?

Braun, Colangelo e Steckel (2018) destacam que a infraestrutura, os treinamentos e as qualificações complementares, uma estrutura adequada nos ambientes organizacional e institucional da cadeia agroindustrial serão cruciais na Agricultura 4.0, já que apenas as novas tecnologias não resolverão todos os desafios da digitalização da produção agropecuária. Neste contexto, as organizações de ensino e de assistência técnica serão fundamentais.

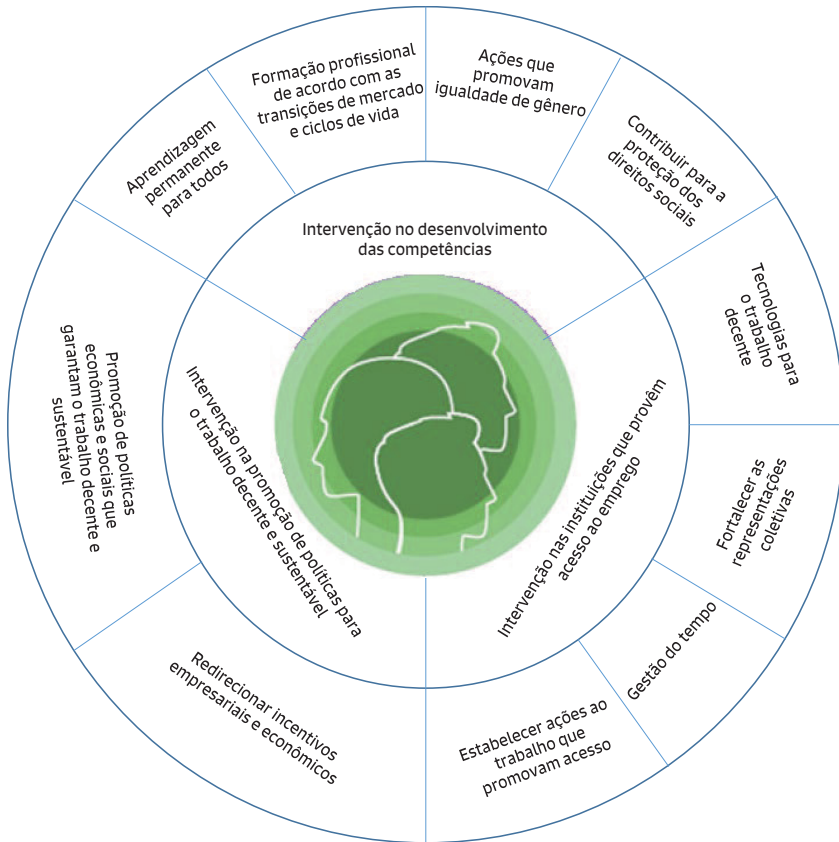
Como um dos principais agentes para o ensino no campo, o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR) tem buscado aprimorar sua atuação diante da digitalização da cadeia agroindustrial.

Criado pela Lei nº 8.315 de 23/12/1991, regulamentada pelo Decreto nº 566 de 10/06/1992, com a finalidade de organizar, administrar e executar a Formação Profissional Rural (FPR) e a Promoção Social (PS) em todo o território nacional, o seu corpo técnico institucional é composto da equipe multidisciplinar que desempenha atividades de gestão, supervisão, análise técnico-pedagógica, entre outros. Na execução das ações, conta com a parceria de instrutores, mobilizadores e técnicos de campo. Em 2013, o Senar iniciou a Assistência Técnica e Gerencial (ATeG), assumindo parte da responsabilidade na extensão rural e apoio na difusão de tecnologias no país.

Com o compromisso de, por meio da educação, levar informações qualificadas que proporcionem às pessoas que vivem no campo um melhor posicionamento no mercado de trabalho, excelência nas atividades produtivas e de gestão e melhoria da qualidade de vida, o Senar, por meio da FPR, busca desenvolver a capacidade de autogestão no trabalho, da autonomia, da proatividade e empregabilidade, além de promover o aumento da qualidade de produtos, processos e a produtividade do setor (SENAR, 2020).

Mas o desenvolvimento de competências no contexto do futuro do trabalho (Figura 2) envolve o desafio de identificar as principais tendências e a demanda por habilidades a médio e longo prazo, bem como abordar a lacuna entre essas habilidades mais demandadas no mercado de trabalho e aquelas que os atuais sistemas de educação se comprometem a investir (SENAR, 2020). E maiores investimentos para a capacitação de produtores e trabalhadores rurais poderão contribuir para a redução de resultados indesejáveis, como a marginalização do conhecimento e experiências, e uma possível desconexão entre o produtor e o ambiente rural.

Figura 2. O contexto do futuro do trabalho.



Fonte: SENAR (2020). Adaptado de Cinterfor.

Assim, o Senar tem clareza sobre a sua responsabilidade na intervenção ao desenvolvimento dessas competências, entendendo, ainda, o contexto da promoção de políticas para o trabalho decente, sustentável e de acesso ao emprego. Em resumo, os números do Senar em 2021 foram:

- 664.793 participantes em Formação Profissional Rural (FPR);
- 252.289 participantes em Promoção Social (PS);
- 909.942 participantes em Programas Especiais (FPR e de PS);

- 476.485 participantes em outras atividades, como palestras, feiras, seminários etc.;
- 86 cursos EaD Senar, 9 minicursos, 192.046 participantes EaD e 214.815 matrículas efetivadas nos cursos de Formação Inicial e Continuada (FIC);
- 357 instrutores, 135 mobilizadores, 8.381 agentes participaram de Capacitação Metodológica (EaD Senar);
- 66 turmas de Aprendizagem Rural ofertadas. 1.229 aprendizes concluintes;
- 144 títulos de cartilhas disponíveis para download gratuito na Estante Virtual e 204 títulos disponíveis para impressão;
- 1,5 milhão de visitas acumuladas e realizadas pela ATeG (2014-2021);
- Mais de 85 mil propriedades atendidas na ATeG em 2021 e mais de 194 mil desde 2014;
- Mais de 71 mil propriedades em atendimento nos Programas Nacionais;
- ATeG sendo executada em 25 Administrações Regionais do Senar;
- 289 profissionais capacitados na metodologia da ATeG em 2021.

Ressalta-se que a cadeia agroindustrial brasileira tem grande representatividade nas organizações de ensino superior e de pesquisas do país, com grande multidisciplinaridade nas ações de ensino, pesquisa e extensão.

De acordo com o Boletim Anual OCTI 2021 (CGEE, 2022), elaborado pelo Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (OCTI/CGEE/MCTI), a produção científica brasileira relacionada à agropecuária tem grande destaque nos dados de artigos presentes na base Web of Science (WoS).

Entre os Top 20 primeiros *clusters* temáticos da produção científica brasileira entre 2015 e 2021, segundo o número de artigos, a agropecuária pode ser observada com exclusividade em três clusters nas primeiras 10 posições (Tabela 1).

Tabela 1. Top 20 primeiros *clusters* temáticos segundo o número de artigos, produção científica brasileira, 2015-2021.

Posição	Rótulo
1º	Educação
2º	Pecuária e piscicultura
3º	Inovação e sustentabilidade
4º	Nanopartículas
5º	Biodiversidade
6º	Solos e lavouras
7º	Atenção primária à saúde
8º	Agricultura e irrigação
9º	Câncer
10º	Fisiologia e esporte
11º	Compósitos, fibras e filmes
12º	Tratamento de água e saneamento
13º	Bioquímica e alimentos
14º	Saúde Pública
15º	Microbiologia farmacêutica
16º	Doenças autoimunes
17º	Energia e biocombustíveis
18º	Materiais metálicos
19º	Cosmologia
20º	Otimização e sistemas de energia

Fonte: Web of Science (WoS).

Elaboração: OCTI, CGEE (2022).

Apesar de não haver referência direta sobre a Agropecuária Digital, o fato de os *clusters* temáticos terem grande destaque desse setor produtivo por meio da publicação científica demonstra a importância da ampliação do fomento e apoio na pesquisa e experimentação agropecuária, como um incentivo à inovação e desenvolvimento tecnológico para a cadeia agroindustrial.

Os profissionais de ciências agrárias, sobretudo, deverão incluir as áreas do conhecimento da Agropecuária Digital em sua formação, seja durante a graduação ou por meio de especializações e ou pós-graduações, como uma garantia para a difusão das novas tecnologias e das boas práticas nas tomadas de decisão dos produtores rurais.

Esse novo contexto da capacitação sobre a quarta revolução da agropecuária, em complemento à Revolução Verde, deverá ampliar os aspectos da sustentabilidade, mantendo a biodiversidade devido ao aumento do poder analítico de grandes bases de dados e melhoria nos processos gerenciais, minimizando os efeitos dos riscos envolvidos na produção e permitindo a manutenção de uma situação econômica favorável das famílias rurais. Essa situação reforçará as estratégias de comunicação com a sociedade sobre a importância da agropecuária para o desenvolvimento do Brasil.

Considerações finais

Entende-se que após delimitados os conceitos relativos à Agricultura 4.0 e às respectivas tecnologias habilitadoras, bem como apresentadas as principais dificuldades e oportunidades para sua implementação no Brasil, reuniram-se nesta obra alguns dos principais condicionantes para a ampliação da competitividade a partir do investimento em novas tecnologias aplicadas.

No contexto da conectividade, mostrou-se o seu potencial de trazer aumento de eficiência, otimização de recursos, aumento de qualidade, entre outros ganhos para o agronegócio. Os ganhos

podem ser transversais a toda a cadeia, dos insumos, produção, colheita, processamento, logística até chegar ao consumidor final, podendo trazer grandes oportunidades para a competitividade do país neste segmento. Para todas essas ações será imprescindível a ampliação da segurança cibernética na cadeia agroindustrial brasileira, além de tipificação da propriedade dos dados gerados nas unidades produtivas.

A Logística 4.0, por sua vez, amplia sobremaneira as possibilidades de ganhos de produtividade. A inovação antes derivada de combinações de CFTV, OCR, escâneres de containers, lacres eletrônicos e outras soluções similares, passa a ter outra escala de possibilidades a partir de sistemas ciberfísicos intensivos em IoT, IA, AR, big data, cloud, blockchain e outras tecnologias habilitadoras.

Destacou-se também que os treinamentos e as qualificações complementares serão cruciais na disseminação do Agro 4.0, já que apenas as novas tecnologias não resolverão todos os desafios da digitalização da produção agropecuária. Maiores investimentos para a capacitação de produtores e trabalhadores rurais poderão contribuir para a redução de resultados indesejáveis, como a marginalização do conhecimento e experiências, e uma possível desconexão entre o produtor e o ambiente rural.

Vale aqui ressaltar a importância do uso das tecnologias para composição de um sistema agrícola sustentável. Este é um tema que tem se tornado um campo cada vez mais importante e com maior atenção do público, dados aos desafios globais como a necessidade de redução de consumo de recursos naturais, de redução de emissão de gases de efeito estufa e desmatamentos, de redução de desperdícios de alimentos, além do atendimento a um mercado externo internacional cada vez mais exigente.

Por fim, apesar das dificuldades e dos desafios de implementação, a transformação digital na cadeia agroindustrial será fundamental para a economia do país e em todo o mundo. Estimativas apontam que a

tecnologia 4.0 (especialmente IOT, neste caso) possa habilitar até US\$ 12,6 trilhões em valor globalmente, incluindo o valor capturado por consumidores e clientes em produtos e serviços (MCKINSEY, 2021). No que se refere à gestão da produção agrícola, a estimativa é de US\$ 250 à US\$ 520 bilhões. Os agricultores podem ser capazes de melhorar o rendimento entre 15% e 20% com o uso destas tecnologias.

Este livro, além de procurar contribuir para um nivelamento de conceitos e apresentar casos práticos de implementação, teve o propósito de apontar as diversas oportunidades que o Brasil tem na implementação das tecnologias 4.0. Para os avanços, é necessário um esforço conjunto dos produtores rurais, agroindústrias, instituições do ecossistema de inovação, consumidores, governo e todos os demais envolvidos na cadeia agroindustrial para a conscientização, discussão e implementação de modelos de negócios viáveis que levem ao aumento de produtividade e de sustentabilidade no país.

Referências Bibliográficas

BENÍTEZ, R. Perdas e desperdícios de alimentos na América Latina e no Caribe. Disponível em: <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/>. Acesso em: 7 set. 2021.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento. (2020). Conectividade rural: situação atual e alternativas para superação da principal barreira à agricultura 4.0 no Brasil. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/20180/1/PR_Conectividade%20rural_BD.pdf. Acesso em: 9 ago. 2020.

BONGOMIN, O.; YEMANE, A.; KEMBABAZI, B.; MALANDA, C.; CHIKONKOLO MWAPE, M.; SHERON MPOFU, N.; TIGALANA, D. Industry 4.0 Disruption and Its Neologisms in Major Industrial Sectors: A State of the Art. J. Eng. 2020, 2020, 8090521.

BRAUN, A. T.; COLANGELO, E.; STECKEL, T. Farming in the Era of Industrie 4.0. Procedia CIRP, v. 72, p. 979-984, 2018.

CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Boletim Anual OCTI 2021. Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação. v.2, Brasília, maio 2022

CNT. Confederação Nacional do Transporte. (2019). Aspectos gerais da navegação interior no Brasil. Confederação Nacional do Transporte, Brasília.

EMBRAPA. Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2020). Retrato da agricultura digital brasileira. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/54770717/pesquisa-mostra-o-retrato-da-agricultura-digital-brasileira>. Acesso em: 6 ago. 2021.

FAO. Food and Agriculture Organization. (2013). Food wastage footprint Impacts on natural resources. ISBN 978-92-5-107752-8. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf>.

GINTERS, E.; MARTIN-GUTIERREZ, J. (2013). Low Cost Augmented Reality and RFID Application for Logistics Items Visualization. *Procedia Computer Science* 26:3-13. Disponível em: DOI: 10.1016/j.procs.2013.12.002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos/IBGE-2017. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf. Acesso em: 6 ago. 2021.

ISLAM, D. M. Z.; MEIER, J. F.; PAULUS, T.; ADITJANDRA, T. H. Z.; PACE, G. 2013. Logistics and supply chain management. *Research in Transportation Economics* 41 (1):3-16. Disponível em: DOI: 10.1016/j.retrec.2012.10.006.

LIMA, G.; FIGUEIREDO, F.; BARBIERU, A. (2020). Agro 4.0: Enabling agriculture digital transformation through IoT. *Revista Ciência Agronômica*, v. 51, Special Agriculture 4.0, e20207771.

LIU, Y.; MA, X.; SHU, L.; HANCKE, G. P.; ABU-MAHFOUZ, A. M. From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current Status, Enabling Technologies, and Research Challenges. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. Pp 1-1, 2020. DOI 10.1109/TII.2020.3003910

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2021). Cenários e perspectivas da conectividade para o agro / Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação — Brasília: MAPA/AECS. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/conectividade-rural/livro>. Acesso em: 9 ago. 2021.

MASSRUHÁ, S. *et al.*, 2020. Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. Brasília, DF: Embrapa.

SALLEZ, Y.; PAN, S.; MONTREUIL, B.; BERGER, T.; BALLOT, E. 2016. On the activeness of intelligent Physical Internet containers. *Computers in Industry* 81:96-104. Disponível em: DOI: 10.1016/j.compind.2015.12.006.

SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. O processo da Formação Profissional Rural: Série Metodológica. Brasília: SENAR, 2020.

TANG, Y.; DANANJAYANB, S.; HOU, C.; GUI, Q.; LUO, S.; HE, Y. (2021). A survey on the 5G network and its impact on agriculture: Challenges and opportunities. ISBN-13: 979-8524702906. Independently published.

TIMM, I. J.; LORIG, F. (2015). Logistics 4.0 — A challenge for simulation. In: *Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference*, edited by YILMAZ, W. K. V.; CHAN, I.; MOON, T. M. K.; ROEDER, C. M.; ROSSETTI, M. D. 3118-9. Huntington Beach, CA, USA.

USDA. United States Department of Agriculture. (2019). A case for rural broadband. *Insights on Rural Broadband Infrastructure and Next Generation Precision Agriculture Technologies*. Disponível em: <https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/case-for-rural-broadband.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2021.

WINKELHAUS, S.; GROSSE, E. (2020). Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system council.

ZHAI, Z.; MARTÍNEZ, J. F.; BELTRAN, V.; MARTÍNEZ, N. L. Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2020, 170, Disponível em: doi.org/10.1016/j.compag.2020.105256.

ZHANG, Y.; ZHU, Z.; LV, J. (2018). CPS-Based Smart Control Model for Shopfloor Material Handling. *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 14 (4):1764-75. Disponível em: DOI: 10.1109/tii.2017.2759319.

Este livro foi composto em Dante MT
pela Editora Autografia e impresso
em papel couché 115 g/m².
