



Contribuição do Portfólio de Automação, Agricultura de Precisão e Digital ao Plano Nacional de Fertilizantes



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pecuária Sudeste
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 141

Contribuição do Portfólio de Automação, Agricultura de Precisão e Digital ao Plano Nacional de Fertilizantes

*Alberto C. de Campos Bernardi
Evandro Chartuni Mantovani*

Autores

Embrapa Pecuária Sudeste
Rod. Wasghinton Luiz, km 234
13560-970 , São Carlos, SP
Fone: (16) 3411-5600
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável**

Presidente
André Luiz Monteiro Novo

Secretário-Executivo
Luiz Francisco Zafalon

Membros
*Mara Angélica Pedrochi, Gisele Rosso, Maria
Cristina
Campanelli Brito, Silvia Helena Picirillo Sanchez*

Normalização bibliográfica
Mara Angélica Pedrochi,

Revisão de Texto
Gisele Rosso

Editoração eletrônica
Maria Cristina Campanelli Brito

Foto da capa: *Alberto C. de Campos Bernardi
Maria Cristina Campanelli Brito*

1ª edição
Publicação digital - PDF (2021)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Pecuária Sudeste

Bernardi, Alberto Carlos de Campos

Contribuição do Portfólio de Automação, Agricultura de Precisão e Digital ao
Plano Nacional de Fertilizantes / Alberto Carlos de Campos Bernardi; Evandro
Chartuni Mantovani. — São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2021.

19 p. – (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 141).

ISSN 1980-6841

1. Fertilizante. 2. Objetivo Desenvolvimento Sustentável. 3. Automação. I.
Bernardi, Alberto Carlos de Campos. II. Mantovani, Evandro Chartuni. III. Título. IV.
Série.

CDD: 631.8

Autores

Alberto C. de Campos Bernardi

Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

Evandro Chartuni Mantovani

Engenheiro Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Sumário

Introdução	6
Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).....	7
1 Benchmarking em Automação, agricultura digital, IoT, Big Data.....	9
2 Percepção e demandas para o mercado nacional na Linha temática Automação, agricultura digital, IoT, Big Data	12
3 Visão de futuro da Linha temática Automação, agricultura digital, IoT, Big Data	14
Conclusões	16
Referências	16

Introdução

O Brasil é atualmente um dos maiores exportadores mundiais de produtos agrícolas, e o cenário atual indica que a direção seja a da produção eficiente com proteção ao meio ambiente (Embrapa, 2020; Brasil, 2021b). O País possui terras, condições climáticas e tecnologia para ajudar a suprir internamente e também outras nações com alimentos, fibra e energia renovável. A evolução da produtividade agrícola no Brasil baseou-se na inovação tecnológica associada ao melhoramento genético, tratos culturais, uso de insumos e mecanização. Nas décadas recentes observou-se que estes ganhos de produtividade, e econômicos, não podem se dissociar dos fatores ambientais e sociais (Embrapa, 2018). E, portanto, um fluxo contínuo de conhecimentos, tecnologias e de insumos é uma condição essencial para a sustentabilidade do setor agropecuário.

A sustentabilidade da produção agrícola brasileira depende da reposição constante de nutrientes na forma de fertilizantes e do aumento da matéria orgânica do solo para compensar a extração causada pelas colheitas. A grande maioria dos solos agricultáveis no país é formada por solos ácidos e de baixa fertilidade. Para o alcance de níveis de elevadas produtividades e qualidade dos produtos há a necessidade do uso intenso de corretivos e fertilizantes (Bernardi; Machado; Silva, 2002). Com isso, atualmente, o Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, sendo que cerca de 80% dessas fontes de nutrientes são importadas, e grande parte são procedentes de fontes não renováveis (Farias et al., 2020; Galembeck; Galembeck; Santos, 2019). Além disso, a eficiência do uso de fertilizantes contendo os nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) muitas vezes é muito baixa, sendo menos de 50% para o N, menos de 10% para o P e aproximadamente 40% para o K (Baligar; Fageria; He, 2001).

Diante deste cenário, o Governo Federal instituiu o Grupo de Trabalho Interministerial com a finalidade de desenvolver o Plano Nacional de Fertilizantes (PNL). O objetivo é fortalecer as políticas de incremento da competitividade da produção e da distribuição de insumos e de tecnologias para fertilizantes no país de forma sustentável (Brasil, 2021a). O PNL contribuirá para diminuir a dependência externa e ampliar a competitividade do agronegócio brasileiro no mercado internacional. O Plano realizará um diagnóstico sobre a oferta de fertilizantes no Brasil e trará propostas para incrementar a produção e a eficiência do uso de fertilizantes no país.

As novas tecnologias como a automação de máquinas e equipamentos, uso de sensores e atuadores, internet das Coisas (Internet of Things - IoT), grandes conjuntos de dados complexos (big data), computação em nuvem (Cloud computation), inteligência artificial (*Artificial intelligence - AI*), aprendizado de máquinas (*machine learning*); cibersegurança e integração de sistemas serão imprescindíveis para garantir a segurança alimentar e a produção agrícola mais sustentável. A agricultura digital (AD) trará ganhos importantes de eficiência no uso dos fatores de produção.

A Embrapa tem nos Portfólios¹ os instrumentos de apoio gerencial para organização de projetos em temas estratégicos, os quais têm a missão de direcionar a produção de soluções em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) para demandas nacionais e suas interfaces com as demandas regionais.

¹ <https://www.embrapa.br/pt/pesquisa-e-desenvolvimento/portfolios>.

A automação agropecuária é definida como um sistema no qual os processos operacionais de produção agrícola, pecuária e/ou florestal são monitorados, controlados e executados por meio de máquinas e ou dispositivos mecânicos, eletrônicos ou computacionais, para ampliar a capacidade de trabalho humano (Inamasu et al., 2016). A automação² atua em processos agrícolas, pecuários e florestais para:

- aumentar a produtividade do sistema e do trabalho;
- otimizar o uso de tempo,
- otimizar o uso de insumos e capital;
- reduzir perdas na produção;
- aumentar a qualidade dos produtos, e;
- melhorar a qualidade de vida dos trabalhadores rurais e das cadeias produtivas.

Dessa forma, o Portfólio de Automação, Agricultura de Precisão e Digital contribuiu na elaboração do PNL na linha temática Automação, agricultura digital, IoT e Big Data. O material envolveu o benchmarking, as percepções e demandas para o mercado nacional e a visão de futuro nesta Linha temática.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Em 2015 a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas³, que compõem uma agenda mundial para subsidiar a elaboração de políticas públicas. Os ODS representam medidas para promover o desenvolvimento sustentável do planeta até 2030, erradicando a pobreza e promovendo uma vida digna para todos. A atuação da Embrapa está fortemente vinculada aos ODS⁴. As tecnologias de automação, agricultura digital, IoT, e Big Data têm papel no desenvolvimento sustentável, e podem contribuir para alcançar os ODS 2, 8, 9, 12 e 15. A contribuição para os aspectos ambiental, social e econômico associados às metas dos referidos ODS está descrita a seguir na Tabela 1 e teve como base as publicações de Krolow et al. (2018); Medeiros et al. (2018); Mello et al. (2018); Vilela et al. (2018); Palhares et al. (2018); e Santos Valle; Kienzle (2020).

² <https://www.embrapa.br/tema-mecanizacao-e-agricultura-de-precisao/nota-tecnica>

³ <http://www.agenda2030.org.br/>

⁴ <https://www.embrapa.br/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods>

Tabela 1. Aspectos ambiental, social e econômico dos ODS relacionados às tecnologias de Automação, Agricultura Digital, IoT, e Big Data.

ODS 2. Fome zero e agricultura sustentável

- **Segurança alimentar e nutrição adequada:** o aumento da produção e produtividade agropecuária, e a diversificação das espécies cultivadas devido à otimização do sistema produção podem contribuir para a redução da dependência de alimentos de áreas de produção distantes. Além disso, diversificar o consumo de alimentos pode aumentar a oferta e ingestão de alimentos, e consequentemente melhorar a nutrição geral.

Metas associadas:

2.4 - Até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo

ODS 8. Trabalho decente e crescimento econômico

- **Impacto na dinâmica da migração rural-urbana:** a adoção de novas tecnologias em propriedades agrícolas impactará a produção, assistência técnica e operação e manutenção de sensores, atuadores, equipamentos e máquinas. Haverá desenvolvimento de novas oportunidades de trabalho, revitalizando os empregos no campo, e incentivando a educação e a permanência de jovens nas áreas rurais.
- **Criação de empregos e negócios:** a necessidade de mão de obra qualificada e treinada para desenvolver, adaptar, operar e manter todos os elementos das novas tecnologias criará nichos de emprego para jovens capacitados e empresários rurais para alcançar uma produção agropecuária mais eficiente. E haverá o surgimento de novos modelos de negócios.

Metas associadas:

8.2 - Atingir níveis mais elevados de produtividade das economias por meio da diversificação, modernização tecnológica e inovação, inclusive por meio de um foco em setores de alto valor agregado e dos setores intensivos em mão de obra;

ODS 9. Inovação infraestrutura

- **Diminuição das barreiras tecnológicas:** a integração de diferentes tipos de tecnologias, como aprendizado de máquina, posicionamento por satélite ou automatização, contribuem para diminuir a distância entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento. As novas tecnologias são adaptáveis, e possibilitam a adoção em diferentes sistemas de produção. Dessa forma proporcionam saltos na evolução tecnológica da produção agropecuária, evoluindo da agricultura de subsistência com baixo nível tecnológico para a agricultura comercial baseada na agricultura de precisão (AP) e digital (AD).

Metas associadas:

9.5 - Fortalecer a pesquisa científica, melhorar as capacidades tecnológicas de setores industriais em todos os países, particularmente nos países em desenvolvimento, inclusive, até 2030, incentivando a inovação e aumentando substancialmente o número de trabalhadores de pesquisa e desenvolvimento por milhão de pessoas e os gastos público e privado em pesquisa e desenvolvimento;

9.c - Aumentar significativamente o acesso às tecnologias de informação e comunicação e empenhar-se para procurar ao máximo oferecer acesso universal e a preços acessíveis à internet nos países menos desenvolvidos, até 2020

continuação Tabela 1

ODS 12. Consumo e produção responsáveis

- **Intensificação da produção sustentável:** a adoção de procedimentos de automação, AP e AD para otimizar o uso de recursos e aumentar a eficiência das operações de cultivo através, por exemplo, da aplicação de insumos à taxa variável.

Metas associadas:

12.4 - Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente;

ODS 15. Vida terrestre

- **Gestão sustentável de recursos naturais:** otimização do uso de insumos, minimização dos impactos negativos da atividade agropecuária, e aumento da produção sem comprometer os recursos naturais existentes.

Metas associadas:

15.1 - Até 2020, assegurar a conservação, recuperação e uso sustentável de ecossistemas terrestres e de água doce interiores e seus serviços, em especial florestas, zonas úmidas, montanhas e terras áridas, em conformidade com as obrigações decorrentes dos acordos internacionais;

1 Benchmarking em Automação, agricultura digital, IoT, Big Data

A combinação de ferramentas digitais, como o Sistema Global de Navegação por Satélite (*Global Navigation Satellite System* - GNSS), sensores e softwares de modelagem de dados, com tecnologias de automação em máquinas e equipamentos inteligentes, drones e robôs, tem auxiliado os agricultores a serem mais eficientes no uso de insumos, por meio de um gerenciamento econômico do sistema de produção.

A maior lucratividade das atividades pode ocorrer não somente pelo aumento da economia do uso de insumos ou incremento de produtividade, mas também pela melhoria da qualidade dos produtos. Em um experimento de larga escala e longa duração, envolvendo essencialmente a rotação de milho com soja em Missouri, Estados Unidos, em comparação com o sistema convencional, os autores verificaram que a adoção de técnicas em agricultura de precisão (AP) não alterou significativamente a lucratividade e a variação espacial do lucro na cultura do trigo, mas reduziu a variação temporal do lucro, demonstrando ser a AP uma ferramenta de gestão de riscos, por diminuir a volatilidade das respostas financeiras das atividades (Yost al., 2019). Os resultados de pesquisas indicam que a combinação dessas tecnologias com os conhecimentos agrônômicos tem possibilitado otimizar o uso de sementes e fertilizantes, nas dosagens recomendadas para cada tipo de solo, conhecendo a sua variabilidade ou respectivas zonas de manejo, visando aumentar potencial de produção, objetivando a sustentabilidade da produção agropecuária.

A utilização de aplicação em taxa variável deriva-se da existência da variabilidade espaço temporal dos fatores biofísicos da produção nos campos, e embasa-se nessa existência (Feitosa et al., 2019). Apesar da existência da variabilidade espacial de importantes atributos físicos e químicos nos solos tropicais, a utilização de taxas variáveis de fertilizantes e de sementes não determina uma percepção de benefício para diversos produtores rurais adotantes da AP (Ruth et al., 2019). Dentre os motivos, estão a baixa percepção de retornos sobre a produtividade e qualidade da produção e a diminuição da relação benefício custo financeiro pela utilização das tecnologias (Schimmelpfennig, 2016; 2018).

Por isso, de acordo com Schimmelpfennig (2016), a decisão de adotar ou não novas tecnologias é muito complexa e requer um investimento inicial significativo de capital e de tempo. O trabalho indicou que até o início dos anos 2000, a taxa de adoção de diferentes tecnologias de AP, nos Estados Unidos, estava em torno de 22%. Após esse tempo, a adoção de algumas tecnologias começou a ultrapassar outras, como o mapeamento de rendimento via GNSS, que cresceu mais rápido para o milho e a soja. Ainda, segundo o autor, os sistemas de piloto automático para tratores foram difundidos mais rapidamente que as aplicações a taxas variáveis (variable-rate application – VRA) de insumos.

A revolução digital e a automação estão ocorrendo muito rapidamente na agricultura brasileira nos setores da produção de alimentos, fibras e energia. Entretanto, a tendência atual tem sido maior com a automação de várias atividades desempenhadas por trabalhadores, proporcionando aumento da eficiência e eficácia do trabalho, diminuição do esforço físico, aumento da produtividade e melhoria da qualidade de vida. De acordo com Reid (2011), durante a maior parte do século XX, quatro fatores-chave influenciaram no aumento da taxa de produção agrícola: i) Uso mais eficiente do trabalho; ii) Oportunidade das operações; iii) Uso mais eficiente dos insumos; iv) Sistemas de produção mais sustentáveis. Estes quatro fatores contribuíram, com diferentes pesos, nos sistemas de produção mais eficientes, gerando economia de insumos. As inovações tecnológicas, de maneira geral, aumentaram o uso da mecanização agrícola, integrando processos funcionais em uma máquina ou sistemas de produção, tornando possível, para o agricultor, gerenciar áreas em escala.

Uma simulação dos custos com uso de AP, com o objetivo de avaliar percentuais de lucro alcançados em culturas de milho e soja no Brasil, foi realizada por Mantovani et al (2020) usando indicadores de custos retirados da literatura. Foram comparadas informações sobre custos de produção de plantios de milho e soja em 11 municípios situados em diversas regiões produtoras brasileiras, com utilização de AP. A partir das planilhas de custo de produção de soja de sete regiões produtoras do Brasil, elaboradas pela empresa IEG/FNP Agribusiness Intelligence⁵ na safra 2017/2018, foi realizada uma estimativa dos custos adicionais de plantios de milho e soja com a implementação da AP. Baseada em dados da experiência de quase duas décadas nos Estados Unidos (Schimmelpfennig, 2016; Snyder, 2014), com resultados de economia média de 5% nos custos de insumos pelo uso do piloto automático (Real Time Kinematic - RTK auto guidance) em semeadoras, equipamentos de preparo de solo, aplicadores de químicos e colhedoras, e cerca de 10% de ganho de eficiência no uso de máquinas e equipamentos, comparando sistemas que adotam com os que não adotam a AP. Tais percentuais foram aplicados às planilhas de custos de soja e milho, tanto convencionais como transgênicos. O potencial impacto da AP sobre as planilhas foi analisado em termos de custos, lucro total e ponto de equilíbrio. Similar aos resultados obtidos para a cultura da soja, verifica-se que a adoção da AP diminuiu significativamente o ponto de equilíbrio para a cultura do milho nas diversas

⁵ <http://fnp.agribusiness.ihsmarket.com/>

regiões avaliadas, permitindo que, em anos que ocorram situações de queda do rendimento da lavoura, a adoção da AP represente uma alternativa para diminuição dos riscos associados à atividade produtiva. As simulações realizadas para a adoção de AP nas culturas da soja e do milho indicam o potencial de impacto positivo dessa prática sobre a lucratividade. Em ambas as culturas, as lavouras convencionais apresentaram maior aumento percentual dos lucros do que as lavouras transgênicas.

A AP é uma cadeia de conhecimentos, que une as tecnologias de informação a máquinas, equipamentos, sensores e atuadores para apoiar a gestão agropecuária considerando a variabilidade espacial e temporal sobre a produtividade e qualidade dos sistemas de produção agropecuários (Inamassu et al., 2011; Inamassu; Bernardi, 2014). É um ciclo que se inicia na coleta dos dados, análises e interpretação de informações, gerando recomendações para intervenção no campo e na colheita, com os mapas georreferenciados, o que permite uma avaliação dos resultados (Gebbers; Adamchuk, 2010). A AP envolve a obtenção e processamento de informações detalhadas e georreferenciadas sobre as áreas de cultivo agrícola, visando definir estratégias de manejo mais eficientes, em especial, o uso racional de insumos (Bernardi et al., 2015).

Mais recentemente, a AD está estabelecendo as ações de gerenciamento, não apenas com base na variabilidade do campo, mas também nos dados e imagens coletados durante o desenvolvimento da lavoura em tempo real (Wolfert; Ge; Bogaardt, 2017), com avaliações e correções dos problemas de deficiência de nutrientes, água, fitossanitário etc. em tempo real, permitindo recuperação da produtividade das culturas. De acordo com Pearce (2015), a agricultura mudou muito e especialmente nos últimos 20 anos. Não porque a ideia de rentabilidade na agricultura seja nova, mas sim porque os agricultores têm agora possibilidades de ferramentas para medir indicadores específicos na fazenda, como os níveis de fertilidade, desde a porcentagem de matéria orgânica do solo até a condutividade elétrica do solo, dentre outras importantes variáveis. Além disso, os equipamentos e sistemas utilizados para apoio à tomada de decisões são muito mais complexos hoje do que cinco anos atrás. A digitalização da agricultura envolve o desenvolvimento, adoção e interação de tecnologias digitais no setor agrícola combinando tecnologias da internet e tecnologias orientadas para o uso de objetos inteligentes (Fielke et al., 2020).

Neste contexto, destaca-se a aplicação de insumos à taxa variável, com dados previamente coletados e, em seguida, com recomendações em mapas de aplicação georreferenciados inseridos na programação dos equipamentos, que distribuem automaticamente as diferentes doses de sementes e adubos aplicando a doses adequada com localização exata. A aplicação a taxas variáveis em zonas de manejo representa uma alternativa muito interessante para minimizar riscos de volatilidade de mercados, agregando qualidade na cultura do trigo (teor de proteína), conforme observam Karatay; Meyer-Aurich (2019) em experimento e simulações realizados na Alemanha. O benefício na redução do custo de produção, pela melhoria da assertividade na aplicação de insumos, é outra vantagem bastante conhecida da AP em diversas partes do mundo. Em estudo realizado na Rússia, comparando a aplicação tradicional de fertilizantes com método baseado na AP, foi verificado um incremento de 22% na eficiência econômica da atividade pela utilização mais racional dos insumos utilizados em uma mesma faixa de produtividade (Beznosov et al., 2019).

Outro exemplo importante são mecanismos ou sensores inteligentes em semeadoras-adubadoras, que medem, durante o semeio, as propriedades do solo, a condutividade elétrica, pH, teor de matéria orgânica, umidade e resíduos, processam estas informações e tomam decisões em tempo real para dosar a quantidade de semente, variar a profundidade e alocar em posições para evitar problemas na germinação e emergência.

A AD tem sido impulsionada pelos rápidos desenvolvimentos da IoT, big data, computação em nuvem, machine learning e IA, trabalhando com a integração de interfaces e tecnologias que se sobrepõem e englobam ideias como AP e sistemas de informação de gestão na agricultura (Verduw; Wolfert; Tekinerdogan, 2016; Liao et al., 2017). Grande parte dos benefícios oriundos de análises, posicionamento e aplicações das informações derivadas da AP virá de modelos mais robustos e customizados de IA, utilização em massa da IoT, e computação em nuvem que impactarão por inteiro a cadeia produtiva, das fazendas aos consumidores (Lindblom et al., 2017; Khanna; Kaur, 2019; Singhal et al., 2018; Singhal; Qi; Ganeshan, 2018; Sowmya et al., 2019).

O trabalho de Griffin; Lowenberg-Deboer (2005) indicava que os baixos preços da terra, e dos salários, do foco na produção de commodities e do alto custo da tecnologia importada eram desestímulos à adoção da AP no Brasil. Mas destacavam que a adoção de AP poderia crescer rapidamente em áreas com culturas de maior valor, regiões com terras de valor mais elevado e com uma forte base de pesquisa agrícola. Outros estudos foram realizados e confirmaram as barreiras para o aumento da adoção da AP no país (Silva; Moraes; Molin, 2011; Borghi et al., 2016).

O estudo realizado por Bernardi; Inamasu (2014) indicou que o perfil dos proprietários e administradores de propriedades que adotavam a AP era jovem, instruído, propenso a utilizar mais tecnologias e informática e cultivam grandes extensões de terras. Os sistemas de navegação (barra de luz e piloto automático) e para aplicação de insumos a taxas variadas eram os equipamentos mais frequentes nas propriedades, as principais culturas eram soja e milho, e as atividades eram na aplicação de corretivos do solo e colheita. E, a maior parte das atividades de AP nas propriedades era realizado por prestadores de serviços.

Mais recentemente, Bolfe et al. (2020), em levantamento com 504 produtores sobre o uso da AD no Brasil, indicaram que 84% dos entrevistados utilizam pelo menos uma tecnologia digital em seu sistema de produção. O principal benefício percebido pelos usuários da AD refere-se à percepção de aumento de produtividade, e os principais desafios elencados estão nos custos de aquisição de máquinas, equipamentos, softwares e na conectividade. Os autores destacaram ainda que 95% dos produtores estão dispostos para conhecer novas tecnologias para fortalecer o desenvolvimento agrícola em suas propriedades. Em outro estudo recente, Mozambani et al. (2021) mostraram que o acesso a fontes de informação especializada, o grau de escolaridade e o tamanho da área do produtor foram relevantes à adoção da AP por produtores de cana-de-açúcar. E, ainda, que o elevado investimento inicial, seguido da dificuldade de conectividade no campo, foram as principais barreiras para a adoção.

2 Percepção e demandas para o mercado nacional na Linha temática Automação, agricultura digital, IoT, Big Data

A Tabela 2 descreve as oportunidades, obstáculos e a necessidade de matérias-primas, destaca as questões econômicas e tributárias e elenca os riscos da não implementação das ações indicadas. Foram identificadas e caracterizadas as demandas, de forma a subsidiar a tomada de decisão referente às ações que deverão compor o PNF. Dessa forma, a percepção auxiliará no planejamento, na melhoria da base de informações e na tomada de decisões.

Tabela 2. Percepção e demandas para o mercado nacional na Linha temática Automação, agricultura digital, IoT, Big Data.

Oportunidades	Obstáculo/Barreira	Matérias-primas	Questões econômicas e tributárias	Riscos da não implementação da ação
1. Aumentar o uso de AP para aplicação efetiva da taxa variável e validação disso com os mapas de produtividade.	1. Baixa conectividade em áreas rurais;	1. Depende de importação	1. Redução e/ou isenções da taxa para aquisição de equipamentos eletrônicos /softwares para aplicação de taxa variável	1. A utilização inadequada de equipamentos de alta tecnologia e de alto custo pode inviabilizar a implementação da ação, com resultados similares ao sistema convencional;
2. Planejamento da produção para melhoria da produtividade e rentabilidade	2. Custos de aquisição de máquinas, equipamentos, softwares	2. Componentes eletrônicos são disponibilizados nos equipamentos. Há facilidade de aquisição dos componentes no mercado externo.	2. Incentivos governamentais para aumento da aplicação da tecnologia a taxa variável	2. Os resultados de gerenciamento do sistema de produção produzem resultados imediatos e os de cultura, com a aplicação à taxa variada demanda tempo e acompanhamento;
3. Necessidade de melhoria da produtividade agrícola com redução de custos e uso racional de fertilizante	3. Necessidade de desenvolvimento			
4. A aplicação a taxas variáveis em zonas de manejo representa uma alternativa muito interessante para minimizar riscos de volatilidade de mercados, agregando qualidade aos produtos agrícolas;	4. Falta de profissionais/equipes habilitadas para novas tecnologias.			
5. 84% de 504 produtores utilizam pelo menos uma tecnologia digital em seu sistema de produção	5. Baixo nível de escolaridade do usuário;		3. Incentivos para ações coletivas (para cooperativas e associações, p. ex) para a adoção de AP por pequenos e médios produtores.	3. Dificuldade do proprietário em utilização direta de todos os sistemas implantados, como programação dos implementos, análise de dados e implementação de correções para aplicação de novas recomendações em função dos resultados obtidos;
6. 95% dos produtores estão dispostos para conhecer novas tecnologias para fortalecer o desenvolvimento agrícola em suas propriedades.	6. Falta de especialistas para análise dos dados e recomendações de insumos;			
7. Ferramenta para o gerenciamento dos sistemas de produção de culturas.	7. Aquisição do equipamento agrícola com alta tecnologia embarcada e com uso inadequado de programação;			
8. Novas tecnologias de diagnósticos em tempo real com base em sensoriamento remoto ou proximal (imagens ou sensores);	8. Dificuldade de assistência técnica e reposição de peças;			
9. Aumento da capacidade operacional das máquinas e equipamentos com sistemas de automação.	9. Falta de sistemas amigáveis;			
10. Sistemas inteligentes com base em Inteligência Artificial para recomendação de adubação (medidas em tempo real, banco de dados e modelagem)				

3 Visão de futuro da Linha temática Automação, agricultura digital, IoT, Big Data

O cenário futuro para o agronegócio indica uma expansão acelerada de novas tecnologias, de maior controle e precisão dos sistemas de produção pela utilização de equipamentos agrícolas inteligentes, impulsionado tanto pelas startups (Agtechs), como, também, pelas grandes multinacionais. Devido ao custo decrescente das tecnologias, tem se tornado cada vez mais acessível ao público em geral, o uso crescente de dispositivos associados à microeletrônica em máquinas e equipamentos agrícolas, voltados para os empreendimentos tanto da pequena, como da grande propriedade, modificando o cenário atual para a expansão tecnológica na agricultura. Os desafios e limitações atuais de uso desta alta tecnologia para o manejo dos sistemas de produção, em tempo real, estão encontrando dificuldades para a sua implementação a uma taxa maior, por falta de mão de obra treinada, tanto da parte técnica, com especialistas agrônômicos, tecnologia da Informação, como das áreas de eletrônica, para transformar dados em informações e programar os equipamentos com os mapas de aplicação, como também para os operadores, na rotina de aplicação dos insumos com os novos equipamentos. Como resultado dessa aplicação de alta tecnologia na agricultura, as operações de campo das diferentes culturas são realizadas com maior precisão. E, ano a ano, com o armazenamento dos mapas georreferenciados de produtividade, o manejo temporal das culturas permitirá uma melhor adequação dos campos de produção para alcançar o potencial máximo de cada campo, na otimização de uso dos insumos, no acompanhamento dos campos de produção por imagens, durante o desenvolvimento da cultura, visando maior lucratividade.

O uso ineficaz do poder da computação e a relutância dos agricultores em adotar esses sistemas inteligentes, serão contornados, em parte, com sistemas mais amigáveis, proporcionando uma ampla transformação digital da agricultura.

Atualmente o cenário indica as seguintes situações e, por conseguinte, ações que precisam ser implementadas de forma mais rápida visando aproveitar a grande oferta de tecnologia disponível no mercado brasileiro:

- a) falta de capacitação da mão de obra no campo para operar e desenvolver soluções tecnológicas, máquinas e equipamentos;
- b) necessidade de provimento de linhas de financiamento;
- c) melhorar a conectividade no campo;
- d) necessidade de protocolos de padrões abertos para interoperabilidade dos dados e para comunicação entre os equipamentos;
- e) melhoria da precisão e segurança dos dados coletados e dos sistemas de comunicação;
- f) estabelecimento de uma política de propriedade e segurança dos dados coletados;
- g) necessidade de ampliar a cooperação entre os setores público e privado no estabelecimento de políticas para o setor.

Foi realizado um estudo de prospecção das tendências futuras (demandas tecnológicas ou não-tecnológicas) considerando as variáveis tecnológicas, culturais, socioeconômicas e políticas, e foram estabelecidos cenários com projeções para os anos de 2030, 2040 e 2050, que estão apresentados na Tabela 3. Esta prospecção teve como base os estudos publicados por Manyika et al. (2017); AGRICULTURE (2018); Embrapa (2018), Trendov; Varas; Zeng (2019); Bolfe et al. (2020); Fountas et al. (2020); Santos Valle; Kienzle (2020) e Frank et al. (2021).

Tabela 3. Cenário futuro com projeções para 2030, 2040 e 2050.

Projeção para 2030
<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição de custos, a AD deve viabilizar o surgimento de tecnologias mais acessíveis para os pequenos e médios agricultores. • Maior oferta de energia elétrica com uso crescente de fontes alternativas (solar, eólica etc.) para mitigar problemas de comunicação. • Ampliação do acesso à informação para pequenos e médios agricultores por meio da ampliação da conectividade na área rural. • O avanço na tecnologia de comunicação nas propriedades rurais, possibilitando acesso do produtor à assistência técnica e consultoria. • Ampliação do uso de veículos aéreos não tripulados (Vants), estações meteorológicas, GNSS de precisão e câmeras espectrais, e sensores diversos interconectados. • Ampliação de inteligência embarcada em máquinas e equipamentos, e do uso da tecnologia de taxa variável (VRT). • Automação de rede de sensores locais para mapeamento de solos, monitoramento de pragas e doenças e de variáveis meteorológicas. • Consolidação e incremento da IoT para coleta de dados por meio de máquinas, equipamentos e sensores convencionais conectados, e por meio de plataformas colaborativas ou mídias sociais. • Sistemas IA no suporte à decisão para diagnóstico, otimização de uso de insumos, modelagem e simulação possibilitam maiores rendimentos, maior qualidade e menor impacto ambiental da produção agropecuária. • Consolidação dos sistemas de predição de safra e riscos agrícolas. • Fortalecimento e crescimento de startups (Agritechs) com tecnologias de suporte a decisão, softwares para gestão, AP, equipamentos inteligentes com geração de novos empregos e contribuindo para a qualificação da mão de obra. • Novos Vants, estações meteorológicas, GNSS de precisão e câmeras especiais interconectadas poderão captar informações, indicar níveis de produtividade e necessidade de manejos específicos nos talhões. • Rápidos desenvolvimentos na IoT, big data e a computação em nuvem • Aumento da capacidade de processados e análise de dados de forma adequada e em tempo hábil para gerar informações e conhecimentos.
Projeção para 2040
<ul style="list-style-type: none"> • Ambiente digital mais seguro. • Ampliação das plataformas de dados abertos e nas nuvens, com intensificação do uso de arquiteturas big data e de ferramentas de mineração de dados. • As Ciências de Dados e a de Computação tornam-se protagonistas da transformação digital no agronegócio. • Novas máquinas, equipamentos e sensores associados à computação móvel e à visão computacional e IA. • Redes neurais treinadas serão alimentadas por máquinas, equipamentos e sensores autônomos que permitirão a automação de parte do processo de produção agropecuária. • Ampliação do cenário regulatório, com exigências internas e externas para rastreabilidade de produtos em todos os níveis, acelerará a adoção de tecnologias digitais no ambiente rural. • Incremento da impressão 3D com potencial para o produtor rural criar suas próprias peças para equipamentos e agilizar assistência técnica de fabricantes diminuindo o tempo de manutenção de máquinas, equipamentos e sensores. • Prestação de serviços por realidade aumentada, com informações contextualizadas no ambiente real e orientando, de forma audiovisual, as medidas a serem tomadas. • Ampliação dos sistemas de armazenamento de dados e métodos de processamento devido ao grande acúmulo de dados.
Projeção para 2050
<ul style="list-style-type: none"> • Inteligência artificial estará presente em diversas fases da produção agrícola tecnificada e de escala. • Crescente convergência tecnológica com a evolução dos sistemas de realidade virtual e a inteligência artificial com possibilidade de simulação de diversos fenômenos naturais acelerará a pesquisa agrícola. • Ampliação do compartilhamento de dados, informações e conhecimentos entre os atores das cadeias produtivas. • Geração de algoritmos cada vez mais robustos e inteligentes que poderão ser utilizados por agentes públicos e privados para identificar tendências, novos nichos de mercado e demandas dos diversos elos da cadeia. • Máquinas autônomas para aplicação de insumos.

Conclusões

Este documento reúne as contribuições do Portfólio de Automação, Agricultura de Precisão e Digital da Embrapa na elaboração do Plano Nacional de Fertilizantes (PNL) na linha temática da Automação, Agricultura Digital, IoT e Big Data. O material envolveu uma análise estratégica das melhores práticas de uso destas tecnologias (benchmarking), as percepções e demandas para o mercado nacional e a visão de futuro.

A AP se desenvolveu no Brasil, e a AD está se desenvolvendo rapidamente, impulsionada por muitos avanços tecnológicos na automação de máquinas e equipamentos, uso de sensores e atuadores, internet das coisas, big data, computação em nuvem, inteligência artificial, *aprendizado de máquinas*, cibersegurança e integração de sistemas. Estas tecnologias terão papel decisivo para garantir a segurança alimentar e a produção agrícola mais sustentável, em especial no aumento da eficiência do uso de nutrientes na agricultura.

O cenário futuro para o agronegócio indica uma expansão acelerada de novas tecnologias, de maior controle e precisão dos sistemas de produção pela utilização equipamentos agrícolas inteligentes. No entanto, ainda há vários desafios e limitações a serem contornados como conectividade, precisão, interoperabilidade, armazenamento de dados, poder de computação e relutância dos agricultores para a adoção em cenários de curto médio e longo prazo. Estes pontos precisam ser abordados para o uso eficaz dessas tecnologias na transformação digital da agricultura e melhoria da eficiência do uso de nutrientes.

Referências

- AGRICULTURE 4.0: disrupting the system is doable with new technologies. In: CLERCQ, M.; VATS, A.; BIEL, A. Agriculture 4.0: the future of farming technology. WORLD GOVERNMENT SUMMIT, 2018, Dubai. **Proceedings...** Dubai: UAE, 2018, p.11-17.
- BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K.; HE, Z. L. Nutrient use efficiency in plants. **Communications Soil Science and Plant Analysis**, v. 32, n. 7/8, p. 921-950, 2001.
- BERNARDI, A. C. de C.; BETTIOL, G. M.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y. Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio ao manejo da fertilidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília v. 32, n. 1/2, p. 205-221, 2015.
- BERNARDI, A. C. de C.; INAMASU, R. Y. Adoção da agricultura de precisão no Brasil. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 559-577.
- BERNARDI, A. C. de C.; MACHADO, P. L. O. de A.; SILVA, C. A. Fertilidade do solo e demanda por nutrientes no Brasil. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. cap. 6, p. 61-77.
- BEZNOSOV, G.; SEMIN, A.; SKVORTSOV, E.; VOLKOVA, S. **The economic essence of the category of precision agriculture**. [S. l.]: Atlantis Press, 2019.
- BHAKTA, I.; PHADIKAR, S.; MAJUMDER, K. State-of-the-art technologies in precision agriculture: a systematic review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 11, p. 4878-4888, aug. 2019.
- BOLFE, E. L.; JORGE, L. A. C.; DEL'ARCO SANCHES, I.; LUCHIARI JUNIOR, A.; COSTA, C. C.; VICTORIA, D. de C.; INAMASU, R. Y.; GREGO, C. R.; FERREIRA, V. R.; RAMIREZ, A. R. Precision and digital agriculture: adoption of technologies and perception of brazilian farmers. **Agriculture**, v.10, n. 12, p. 1-16, dec. 2020.

BORGHI, E.; AVANZI, J. C.; BORTOLON, L.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BORTOLON, E. S. O. Adoption and use of precision agriculture in Brazil: perception of growers and service dealership. **Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 11, p. 89-104, 2016.

BRASIL. Grupo de Trabalho Interministerial com a finalidade de desenvolver o Plano Nacional de Fertilizantes. Decreto nº 10.605, de 22 de janeiro de 2021. **Diário Oficial República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 jan. 2021. Seção 1, p.1. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.605-de-22-de-janeiro-de-2021-300423701>. Acesso em: 29 jul. 2021.

BRASIL. **Projeções do agronegócio: Brasil 2020/21 a 2030/31: projeções de longo prazo**. Brasília: MAPA, 2021. 101 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2020-2021-a-2030-2031.pdf/>. Acesso em: 29 jul. 2021.

EMBRAPA. Secretaria Geral. Gerência de Comunicação e Informação. **Embrapa em números**. Brasília, DF, 2020. 140 p. il. color.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da 7agricultura brasileira**. Brasília, DF, 2018. 212 p. il. color.

FARIAS, P. I. V.; FREIRE, E.; CUNHA, A. L. C.; GRUMBACH, R. J. S.; ANTUNES, A. M. S. The fertilizer industry in Brazil and the assurance of inputs for biofuels production. **Sustainability**, v.12, p.8889, 2020.

FEITOSA, I. L.; PASSOS, A. M. A.; CIPRIANI, H. N.; OLIVEIRA, M. S.; MARCOLAN, A. L.; VASQUES, G. M. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em sistemas integrados de produção na região amazônica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e00324, 2019.

FIELKE, S. J.; TAYLOR, B.; JAKKU, E. Digitalisation of agricultural knowledge and advice networks: a state-of-the-art review. **Agricultural Systems**, v.180, p.102763, 2020.

FOUNTAS, S.; ESPEJO-GARCIA, B.; KASIMATI, A.; MYLONAS, N.; DARRA, N. The future of digital agriculture: technologies and opportunities. **IT Prof**, v.22, p.24-28, 2020.

FRANK, A. G.; AYALA, N. F.; BENITEZ, G. B.; MARCON, E.; LERMAN, L. V. **Profissões emergentes na era digital: oportunidades e desafios na qualificação profissional para uma recuperação verde**. Brasília: Confederação Nacional das Indústrias (CNI), 2021. 77 p.

FRASER, A. Land grab/data grab: precision agriculture and its new horizons. **Journal of Peasant Studies**, v. 46, n. 5, p. 893-912, 2018.

GALEMBECK, F.; GALEMBECK, A.; SANTOS, L.P. NPK: essentials for sustainability. **Química Nova**, v.42, p.1199-1207, 2019.

GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. I. Precision agriculture and food security. **Science**, v.327, n.5967, p.828-31, 2010.

GRIFFIN, T. W.; LOWENBERG-DEBOER, J. Worldwide adoption and profitability of precision agriculture: implications for Brazil. **Revista de Política Agrícola**, v. 14, p. 20-38, 2005.

INAMASU, R. Y.; BELLOTE, A. F. J.; LUCHIARI JUNIOR, A.; SHIRATSUCHI, L. S.; OLIVEIRA, P. A. V. de; BERNARDI, A. C. C. **Portfólio automação agrícola, pecuária e florestal**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2016. 14 p. (Embrapa Instrumentação. Documentos, 60).

INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C. Agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 21-33.

INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C.; VAZ, C. M. P.; NAIME, J. M.; QUEIROS, L. R.; RESENDE, A. V.; VILELA, M. F.; JORGE, L. A. C.; BASSOI, L. H.; PEREZ, N. B.; FRAGALLE, E. P. Agricultura de precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. C. (Ed.). **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 14-26.

KHANNA, A.; KAUR, S. evolution of internet of things (IoT) and its significant impact in the field of precision agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.157, p.218–231, 2019.

KARATAY, Y. N.; MEYER-AURICH, A. Profitability and downside risk implications of site-specific nitrogen management with respect to wheat grain quality. **Precision Agriculture**, v. 21, p. 449-472, 2019.

- KROLOW, A. C. R.; NALERIO, E. S.; SAMARY, F. T.; LIMA, L. K. F. (Ed.). **Indústria, inovação e infraestrutura: contribuições da Embrapa**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 55 p. E-book. (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 9).
- LIAO, Y.; DESCHAMPS, F.; LOURES, E. D. F. R.; RAMOS, L. F. P. Past, present and future of industry 4.0: a systematic literature review and research agenda proposal. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 12, p. 3609-3629, 2017.
- LINDBLOM, J., LUNDSTRÖM, C., LJUNG, M., JONSSON, A., Promoting sustainable intensification in precision agriculture: review of decision support systems development and strategies. **Precision Agriculture**, v. 18, p. 309–331, 2017.
- MANTOVANI, E. C.; MIRANDA, R. A.; LANDAU, E. C.; PASSOS, A. M. A. **Agricultura de precisão no contexto do sistema de produção: lucratividade e sustentabilidade**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 32 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 209).
- MANYIKA, J.; CHUI, M.; MIREMADI, M.; BUGHIN, J.; GEORGE, K.; WILLMOTT, P.; DEWHURST, M. **A future that works: automation, employment, and productivity**. New York: McKinsey Global Institute, 2017. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/global-themes/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works>. Disponível em: ??.
- MEDEIROS, C. A. B.; BUENO, Y. M.; SA, T. D. A.; VIDAL, M. C.; ESPINDOLA, J. A. A. (Ed.). **Fome zero e agricultura sustentável: contribuições da Embrapa**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 71 p. E-book. (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 2).
- MELLO, L. M. R.; BASSI, N. S. S.; SANTOS, L. A.; GERUM, A. F. A. A. (Ed.). **Trabalho decente e crescimento econômico: contribuições da Embrapa**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 54 p. E-book. (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 8).
- MOZAMBANI, C. I.; SOUZA FILHO, H. M. DE; VINHOLIS, M. M. B.; CARRER, M. J. **Adoção da agricultura de precisão por produtores de cana-de-açúcar fornecedores para indústria no estado de São Paulo**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2021. 27 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 50).
- PALHARES, J. C. P.; OLIVEIRA, V. B. V.; FREIRE JUNIOR, M.; CERDEIRA, A. L.; PRADO, H. A. (Ed.). **Consumo e produção responsáveis: contribuições da Embrapa**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 92 p. E-book. (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 12).
- PEARCE, R. Farming for profitability. **Country Guide**, oct. 2015. Disponível em: <https://www.country-guide.ca/crops/farming-for-profitability/>. Acesso em: 15 jan. 2019.
- REID, J. The impact of mechanization on agriculture. **National Academy of Engineering Bridge**, v. 41, n. 3, p. 22-29, 2011.
- RUTH, M. H. L.; RUIJUN, Q.; RICHTER, W.; STAMO, P.; STEIT, B.; NOULAS, C. Effect of tillage systems on spatial variation in soil chemical properties and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) performance in small fields. **Agronomy**, v. 9, article 182, 2019.
- SANTOS VALLE, S.; KIENZLE, J. **Agriculture 4.0: start agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production**. Rome: FAO, 2020. 25 p. (Integrated Crop Management, v.24).
- SCHIMMELPFENNIG, D. Crop production costs, profits, and ecosystem stewardship with precision agriculture. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v. 50, n. 1, p. 81-103, 2018.
- SCHIMMELPFENNIG, D. **Farm and profits and adoption of precision agriculture**. Washington: USDA, 2016. (USDA. Economic Research Service, 211).
- SILVA, C. B.; MORAES, M. A. F. D.; MOLIN, J. P. Adoption and use of precision agriculture technologies in the sugarcane industry of São Paulo state, Brazil. **Precision Agriculture**, v. 12, n. 1, p. 67-81, 2011.
- SINGHAL, K.; FENG, Q.; GANESHAN, R.; SANDERS, N. R.; SHANTHIKUMAR, J. G. Introduction to the special issue on perspectives on big data. **Production and Operations Management**, v. 27, n. 9, p. 1639-1641, 2018.
- SINGHAL, K.; QI, F.; GANESHAN, R. Special issue on perspectives on big data. **Production and Operations Management**, v. 27, n. 9, p. 1631-1735, 2018.
- SNYDER, C. **Precision agriculture: finding the payback**. 2014. Disponível em: <https://www.croplife.com/precision/finding-the-payback/>. Acesso em: 15 jan. 2019.

SOWMYA, B. J. C.; SHETTY, C.; CHOLAPPAGOL, N. V.; SEEMA S. IoT and data analytics solution for smart agriculture. In: SOWMYA, B. J. C.; SHETTY, C.; CHOLAPPAGOL, N. V.; SEEMA S. **The rise of fog computing in the digital era**. Hershey: IGI Global, 2019. p. 210-237.

TRENDOV, N. M.; VARAS, S.; ZENG, M. **Digital technologies in agriculture and rural areas**: status report. Rome: FAO, 2019. 140 p.

VERDOUW, C.; WOLFERT, S.; TEKINERDOGAN, B. Internet of things in agriculture. **CAB Reviews**, v. 11, p. 1-12, 2016.

VILELA, G. F.; BENTES, M. P. M.; OLIVEIRA, Y. M. M.; MARQUES, D. K. S.; SILVA, J. C. B. (Ed.). **Vida terrestre**: contribuições da Embrapa. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 122 p. E-book. (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 15).

WOLFERT, S.; GE, L.; VERDOUW, C.; BOGAARDT, M. Big data in smart farming: a review. **Agricultural Systems**, v. 153, p. 69-80, 2017.

YOST, M. A.; KITCHEN, N. R.; SUDDUTH, K. A.; MASSEY, R. E.; SADLER, E. J.; DRUMMOND, S. T.; VOLKMANN, M. R. A long-term precision agriculture system sustains grain profitability. **Precision Agriculture**, v. 20, p. 1177- 1198, 2019.

Embrapa

Pecuária Sudeste

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



**PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

CGPE: 017282