

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

GABRIELLE YABUNAKA SAKAGUTI

A importância da agricultura digital na cultura de soja no Brasil

São Carlos

2018

GABRIELLE YABUNAKA SAKAGUTI

A importância da agricultura digital na cultura de soja no Brasil

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Materiais e Manufatura, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro de Materiais e Manufatura.

Orientador: Prof. Dr. João Fernando Gomes de Oliveira

São Carlos

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

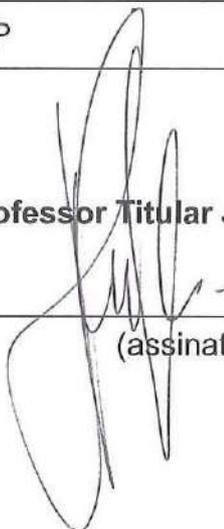
Y118a	Yabunaka Sakaguti, Gabrielle A importância da agricultura digital na cultura de soja no Brasil / Gabrielle Yabunaka Sakaguti; orientador João Fernando Gomes de Oliveira. São Carlos, 2018. Monografia (Graduação em Engenharia de Materiais e Manufatura) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2018. 1. Agricultura brasileira. 2. Soja. 3. Agricultura Digital. 4. Agricultura de Precisão. I. Título.
-------	--

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Gabrielle Yabunaka Sakaguti
Título do TCC: A importância da agricultura digital na cultura de soja no Brasil
Data de defesa: 28/11/2018

Comissão Julgadora	Resultado
Professor Titular João Fernando Gomes de Oliveira (orientador)	Aprovado
Instituição: EESC - SEP	
Professor Titular Antonio José Félix de Carvalho	Aprovado
Instituição: EESC - SMM	
Pesquisador Isotilia Costa Melo	Aprovada
Instituição: EESC - SEP	

Presidente da Banca: **Professor Titular João Fernando Gomes de Oliveira**



(assinatura)

*À minha hibatian (bisavó), ao meu
ditian (avô) Tônico e à Belinha,
minha cadelinha, por terem me
mostrado o amor da forma mais
bela e pura no final de suas vidas,
por me ensinar o valor da
simplicidade em todas as coisas.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu Sel, noivo e melhor amigo, por todo amor, carinho, apoio e suporte na realização deste trabalho e em todos os momentos.

À minha família, em especial aos meus pais e minha irmã, por todo amor, suporte, educação e incentivo, pelo exemplo e luta para que eu chegasse até aqui e ir cada vez mais longe.

Ao Prof. Dr. João Fernando, pela inspiração e por ter aceitado este desafio comigo de estudar a área de Digital Farming no Brasil.

Aos meus professores, por todo ensinamento e lições ao longo da minha graduação, em especial ao professor Toni por todos os conselhos, conversas e apoio.

A todos os meus amigos pelo companheirismo e por tornar a jornada da vida mais leve e divertida.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conquista deste sonho. Muito obrigada!

“My grandfather used to say that once in your life you need a doctor, a lawyer, a policeman and a preacher but every day, three times a day, you need a farmer.”

Brenda Schoepp

RESUMO

SAKAGUTI, G. Y. **A importância da agricultura digital na cultura de soja no Brasil.** 2018. 52 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

Tendências globais e previsões para o planeta indicam que, nos próximos anos, os principais desafios da humanidade serão energia, água e alimentos, além do aumento da população, renda média per capita e da urbanização. Neste contexto, estima-se que a demanda por proteína animal também deverá aumentar, principalmente nos países em desenvolvimento, e por esta razão, a soja ganha um importante papel no cenário global, visto que é um dos alimentos mais versáteis e utilizados na alimentação humana e animal. O Brasil é o maior produtor em agricultura tropical do mundo e o segundo principal produtor de soja, possuindo um papel fundamental neste cenário global futuro. Este trabalho visa apresentar os principais desafios de produtividade da soja no Brasil e propor novas tecnologias por meio da Agricultura Digital (AD). Agricultura Digital é a integração de processos agrícolas e tecnologias de informação, tal que um de seus elementos fundamentais é a Agricultura de Precisão (AP). As tecnologias de informação permitem armazenar, cruzar e analisar dados diversos e com elevado grau de precisão, auxiliando o produtor na melhor tomada de decisão.

Palavras-chave: Agricultura brasileira, Soja, Agricultura Digital, Agricultura de Precisão.

ABSTRACT

SAKAGUTI, G. Y. **The importance of digital farming in soybean crop in Brazil.** 2018. 52 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

Global trends and predictions for the planet indicate that, over the coming years, humanity's main challenges will be energy, water, food, as well as population growth, per capita income average and urbanization. In this context, the demand for animal protein is also expected to increase, especially in developing countries, and for this reason, soybean plays an important role on the global scene, as it is one of the most versatile foods and used human and animal consumption. Brazil is the world's largest producer of tropical agriculture and the second largest producer of soybeans, playing a key role in this future global scenario. This paper will present the main soybean productivity challenges in Brazil and will propose new technologies through Digital Farming (DF). Digital Farming is the integration of agricultural processes and information technologies, such that one of its fundamental elements is Precision Farming (PF). The information technologies allow to store, cross to analyze diverse data, with a high degree of accuracy, assisting the producer for better decision-making.

Keywords: Brazilian agriculture, Soybean, Digital Farming, Precision Farming.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – População e renda per capita mundiais	26
Figura 2 – Mudança da composição da dieta média	27
Figura 3 – Importações, exportações e saldo da balança comercial do agronegócio brasileiro	31
Figura 4 – Área plantada e produção de grãos	32
Figura 5 – Cultura de soja em uma plantação no Pará	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD	–	Agricultura Digital
AP	–	Agricultura de Precisão
ATV	–	Aplicação de fertilizantes à taxa variável
BFF	–	Bayer ForwardFarming
CT&I	–	Ciência, Tecnologia e Inovação
Embrapa	–	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	–	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
GMO	–	Organismo Geneticamente Modificado
GNSS	–	Sistemas de Navegação Global por Satélites
GPS	–	Sistema de Posicionamento Global
IAC	–	Instituto Agronômico de Campinas
IoT	–	Internet das Coisas
NDVI	–	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
PD&I	–	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PIB	–	Produto Interno Bruto
SIG	–	Sistemas de Informação Geográfica
SPD	–	Sistema Plantio Direto
VANTs	–	Veículos Aéreos Não Tripulados

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	23
1.1 OBJETIVOS.....	25
2 MEGATENDÊNCIAS GLOBAIS.....	26
3 A AGRICULTURA NO BRASIL.....	29
3.1 Trajetória da Agricultura Brasileira.....	29
3.2 A soja e o mercado brasileiro.....	32
3.2.1 Doenças e desafios da soja no Brasil.....	34
3.2.1.1 Principal doença da soja.....	35
4 AGRICULTURA DIGITAL.....	37
4.1 A agricultura digital pelo mundo.....	38
4.1.1 Algoritmos e <i>big data</i>	38
4.1.2 Fazenda inteligente.....	38
4.1.3 Trator autônomo.....	39
4.2 Agricultura de precisão (AP).....	39
4.2.1 Sistemas de informação geográfica (SIG).....	40
4.2.2 Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS).....	41
4.2.3 Veículos aéreos não tripulados (VANTs).....	42
4.2.4 Aplicação de fertilizantes à taxa variável (ATV).....	43
4.3 Desafios.....	44
4 CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

A agricultura é uma das atividades mais antigas da sociedade, tendo seu surgimento no período Neolítico, quando os primeiros grupos humanos passaram a se fixar em comunidades, cultivando plantas e animais para seu próprio sustento e não mais vivendo como nômades em busca de alimentos. Essa simples mudança de prática, de cultivar alimentos em uma área específica, altera o equilíbrio da cadeia alimentar, exigindo uma crescente sofisticação na produção de alimentos. (GAZZONI, 2017)

De 1750 a 1850, ocorreu a Revolução Industrial, com início na Inglaterra, avançando para a Europa Ocidental e Estados Unidos. Na Revolução Industrial ocorreu a transformação dos processos de manufatura, utilizando máquinas e ferramentas no lugar dos métodos de produção artesanais. A intensa eficiência gerada por ela na indústria exigiu uma Revolução Agrícola, capaz de fornecer matéria-prima e produção de alimentos para abastecer a população que se urbanizava. Ocorreu, então, uma modernização dos sistemas de cultivo por meio da introdução de novas técnicas com o desenvolvimento de equipamentos agrícolas, o que elevou a produtividade, permitindo produzir mais com menos mão de obra. (BELARDO, 2018)

Em 1950 ocorreu a chamada Revolução Verde, quando os países desenvolvidos criaram estratégias de aumento de produção agrícola mundial, introduzindo técnicas mais apropriadas de cultivo, mecanização, uso de fertilizantes, defensivos agrícolas e substituição de sementes tradicionais pelas de alto rendimento. As tradicionais eram menos resistentes aos defensivos agrícolas. Este período foi iniciado nos Estados Unidos e provocou um aumento considerável de produtividade, diminuindo os preços de diversos alimentos para o consumidor. No Brasil, a Revolução Verde ficou marcada pela técnica do sistema plantio direto (SPD), um sistema diferenciado de manejo do solo, com o intuito de diminuir o impacto no meio ambiente, principalmente no solo, causado, principalmente, pelas máquinas agrícolas. (BELARDO, 2018)

Em 2009, cerca de 2 bilhões de pessoas sofreram de carências de ferro, iodo e outras vitaminas e minerais; mais de um bilhão não têm acesso à água potável; e por volta de 800 milhões de pessoas eram vítimas de subnutrição. (MAZOYER; ROUDART, 2009) Atualmente o planeta encontra-se com aproximadamente 7 bilhões de pessoas a serem alimentadas. De acordo com a ONU (2017), após um declínio constante por mais de uma década, a fome no mundo voltou a crescer em 2016, afetando 815 milhões de pessoas, ou seja, 11% da população mundial. Os principais responsáveis para este crescimento, conforme o relatório divulgado pela FAO (2018), são a proliferação de conflitos violentos e mudanças climáticas.

De acordo com Lopes (2013), tendências globais e previsões para o planeta indicam que, nos próximos 50 anos, os principais desafios da humanidade serão energia, água, alimentos. A previsão do cenário global para 2050 é crítica: população mundial em crescente ascensão; mudanças climáticas, estresses térmicos, hídricos e nutricionais tenderão a se intensificar nos trópicos; haverá crescente escassez dos recursos terra e água; níveis de renda per capita e urbanização em crescimento ascendente e aumentos decrescentes de produtividade em alguns países (MASSRUHÁ, LEITE, 2016). O mundo contemporâneo e globalizado exige a busca por uma economia mais sustentável, em que o foco é a saúde, a qualidade de vida e o bem-estar de todos os seres que habitam o planeta.

O cultivo de soja expandiu-se em todo o mundo, graças às suas características nutritivas e à sua adaptabilidade em diferentes latitudes, solos e condições climáticas, e neste cenário futuro, está previsto que sua demanda aumentará ainda mais, principalmente pela mudança dos hábitos de consumo alimentares da população. Hoje, a soja representa uma das principais plantas cultivadas globalmente. (JULIATTI, 2017) Na alimentação humana, a soja pode ser encontrada na composição de vários produtos, como chocolates, massas, cereais e bebidas, além disso, é também muito utilizada na alimentação animal, como adubo, na fabricação de fibras, revestimentos, entre outros. Entretanto, seu uso mais conhecido é como óleo refinado, obtido a partir do óleo bruto. (SALES, 2012) No Brasil, a geração de tecnologias foi um dos fatores fundamentais para que seu aumento na produção de soja, passando a ocupar o segundo lugar entre os maiores produtores mundiais. (SILVA; LIMA; BATISTA, 2011)

A agricultura digital (AG) pode ser uma solução para os desafios relacionados à alimentação mundial de forma sustentável, transformando não apenas a forma como os agricultores realizam seus trabalhos, mas alterando a cadeia de valor do agronegócio como um todo. No Brasil, com a sua imensidão territorial e heterogeneidade de clima, a agricultura digital tem sido introduzida, permitindo, por exemplo, que o agricultor analise melhor a acidez do solo quanto ao seu nível de nutrientes, verifique o rendimento das safras ao longo do tempo e as variações climáticas do campo. A tecnologia na agricultura permitiu que os produtores tenham acesso a uma quantidade enorme de informações que auxiliam na tomada de decisões com um maior embasamento, tudo isso por meio de veículos autônomos, tratores com GPS (*Global Positioning System* – Sistema de Posicionamento Global), drones com sensores multiespectrais, equipamentos conectados entre si pela Internet das Coisas (*Internet of Things* – *IoT*), *Big Data* e criação de *softwares* e algoritmos. (EY, 2017) O campo de estudo e as possibilidades de utilização da agricultura digital são gigantescas e para ajudar o produtor na gestão de sua

propriedade, aumentando o seu rendimento agrícola, lucratividade e sustentabilidade do meio ambiente.

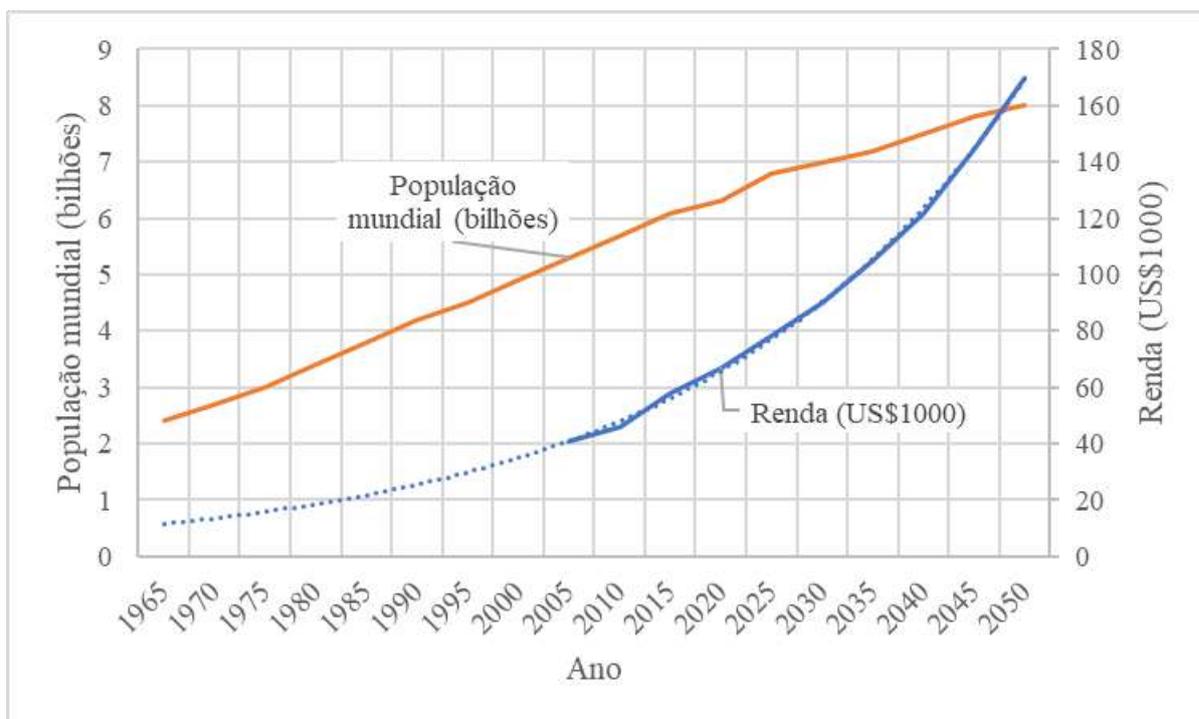
1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo estudar e sugerir a Agricultura Digital como uma possível solução para as crescentes pressões ambientais e tendências futuras para a indústria agrícola global. O foco deste estudo é no Brasil, devido ao seu fundamental papel na alimentação do planeta, mais especificamente para a produção de soja, uma cultura que tende ganhar ainda maior importância em questões de demanda de alimento no mundo.

2 MEGATENDÊNCIAS GLOBAIS

O relatório de 2009 da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO (2009) apontou que a fome e a miséria se agravaram em escala global. Os principais fatores socioeconômicos que farão aumentar a demanda por alimento são três: crescimento da população, aumento da urbanização e aumento da renda (Figura 1).

Figura 1 – População e renda per capita mundiais



Fonte: Elaborado pelo autor baseados em FAO, 2009.

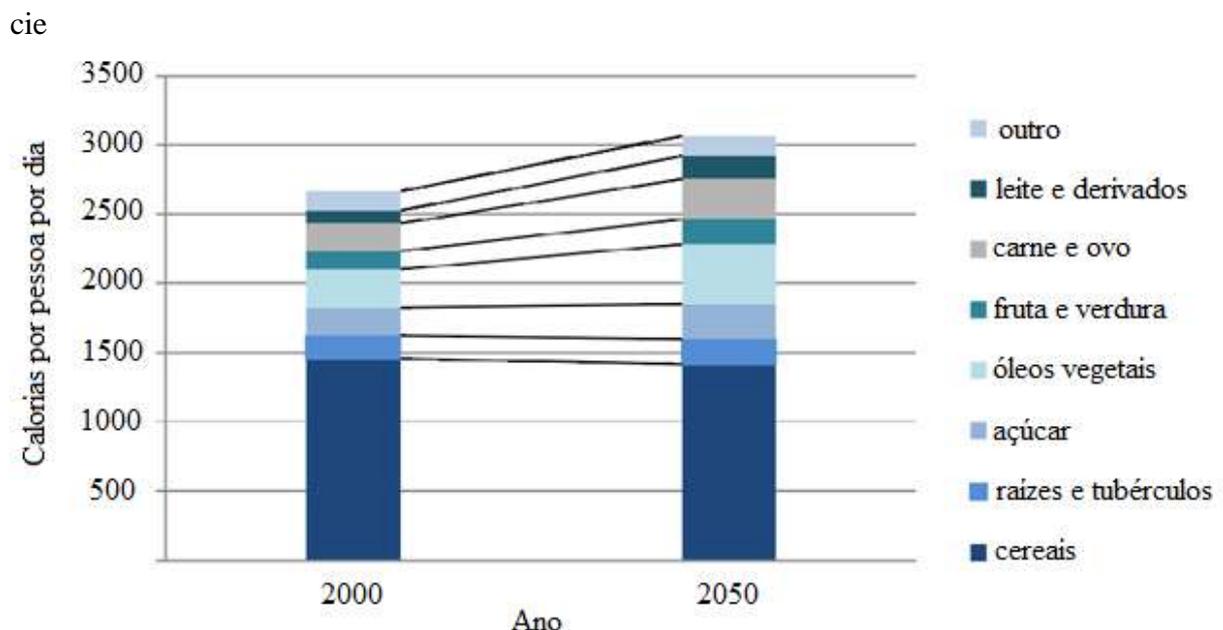
A população mundial está projetada para crescer linearmente para quase 9 bilhões de pessoas ao final da década de 2050, tal que 70% destas se encontrarão em áreas urbanas. FAO (2009) Os níveis de urbanização variam entre as diferentes regiões do mundo. Estima-se que, até 2030, mais de 90% do processo de urbanização ocorrerá nos países em desenvolvimento, principalmente na África Subsaariana e na Ásia. No Brasil, a expectativa é cerca de 230 milhões de pessoas passem a viver nas zonas urbanas, representando cerca de 91% da população, um crescimento de 6% em relação ao ano de 2014. (EMBRAPA, 2018)

Além do crescimento populacional, o crescimento da renda per capita também será um fator de grande influência sobre a demanda. As projeções indicam forte crescimento da expansão da classe média na população global, sendo a maior parte nos países asiáticos. O

aumento da renda implica mudanças nos padrões de consumo da população mundial, principalmente dos países em desenvolvimento, resultando na demanda, principalmente, de proteínas de origem animal, além de frutas e vegetais. (EMBRAPA, 2018) O aumento da pecuária, com a produção, principalmente, de bovinos, suínos e aves confinadas, exigirá volumes exponencialmente maiores de ração. (GAZZONI, 2017)

A partir do estudo da FAO (2009), estima-se que será necessário um aumento da produção agrícola em cerca de 70%, entre 2010 e 2050, para atender a demanda de alimento no mundo. Porém, devido às restrições de disponibilidade de terra agricultável e, conseqüentemente, o aumento do preço da terra, será necessária a intensificação da produção agrícola, com 2 a 3 safras na mesma área e no mesmo ano agrícola. Esta alternativa, porém, está disponível apenas nos países de clima tropical ou subtropical, devido às ofertas de chuva e temperaturas favoráveis a este tipo de plantio, não sendo aplicável, portanto em regiões frias e de clima temperado. O restante da demanda deverá ser provido por ganhos de produtividade provenientes da otimização da gestão dos fatores de produção e das inovações tecnológicas.

Figura 2 – Mudança da composição da dieta média



Fonte: Sonnino, 2011.

A Figura 2 mostra o crescimento, principalmente de leite e derivados, carne e ovo, óleos e vegetais, o que indica que a demanda por soja no mundo irá aumentar, devido ao fato de compor grande parte da alimentação animal, principalmente bovinos, suínos e aves. De acordo

com a FAO (2009), até 2050 a produção de soja deverá dobrar, chegando a 515 milhões de toneladas, para atender a demanda da população mundial.

A crescente demanda mundial por água, energia e alimentos, em conjunto com o aumento da população nos países em desenvolvimento, do poder aquisitivo, da urbanização e os novos padrões de consumo, pressiona a agricultura para o uso dos recursos naturais de uma forma mais consciente.

Desta forma, as organizações públicas e privadas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) estão sendo desafiadas a desenvolver cada vez mais novos processos, métodos, sistemas e produtos para aumentar a segurança alimentar e a saúde da população, e buscando reduzir os impactos ambientais e mitigar as desigualdades sociais e econômicas. (EMBRAPA, 2018)

3 A AGRICULTURA NO BRASIL

3.1 Trajetória da Agricultura Brasileira

O termo agronegócio surgiu em 1957, devido aos estudos de dois professores da Universidade de Harvard, John Davis e Ray Goldberg. (BURANELLO, 2016) Para eles, *agribusiness* ou agronegócio, é a integração da agricultura ou pecuária aos setores da indústria, desde os fornecedores de insumos que são utilizados nos campos de produção até o processamento e distribuição. (RUFINO, 1999) Ou seja, o agronegócio é um conceito que engloba toda a cadeia produtiva, desde a produção e fornecimento de insumos, máquinas e equipamentos e serviços especializados; passando pelo preparo e manejo de solos, tratamentos culturais, irrigação, colheita e criação animal; até o transporte, armazenagem, industrialização, distribuição e comercialização. (FEE, 1999)

Desde os primórdios do descobrimento do Brasil pelos portugueses já se utilizava a prática da agricultura, baseada em tecnologia utilizando a terra como recurso natural e o trabalho, basicamente manual. Esta prática foi se desenvolvendo em diversas atividades, desde o pau Brasil, açúcar, milho, mandioca, abóboras, amendoim, feijão até o mais recente, o café, que conquistou as matas do Sudeste e do Paraná. (FILHO; FISHOW, 2017)

No período do descobrimento até meados de 1950, o crescimento da demanda fez com que a oferta necessitasse de mais terra e trabalho, inclusive escravo, porém sem mudar a tecnologia utilizada, com o objetivo de aumentar a produção, que se manteve com o auxílio da incorporação de matas férteis que eram derrubadas. (FILHO; FISHOW, 2017)

Nas décadas de 1960 e 1970, o Brasil teve um forte crescimento econômico, graças aos processos de industrialização e urbanização, porém o setor agrícola ainda era caracterizado por baixa produtividade, sendo que boa parte do abastecimento interno de alimentos no país era proveniente de importação. Esse processo de urbanização acarretou em imensa pobreza nas zonas rurais do território nacional, intensificando ainda mais a migração rural-urbana da população. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2018c)

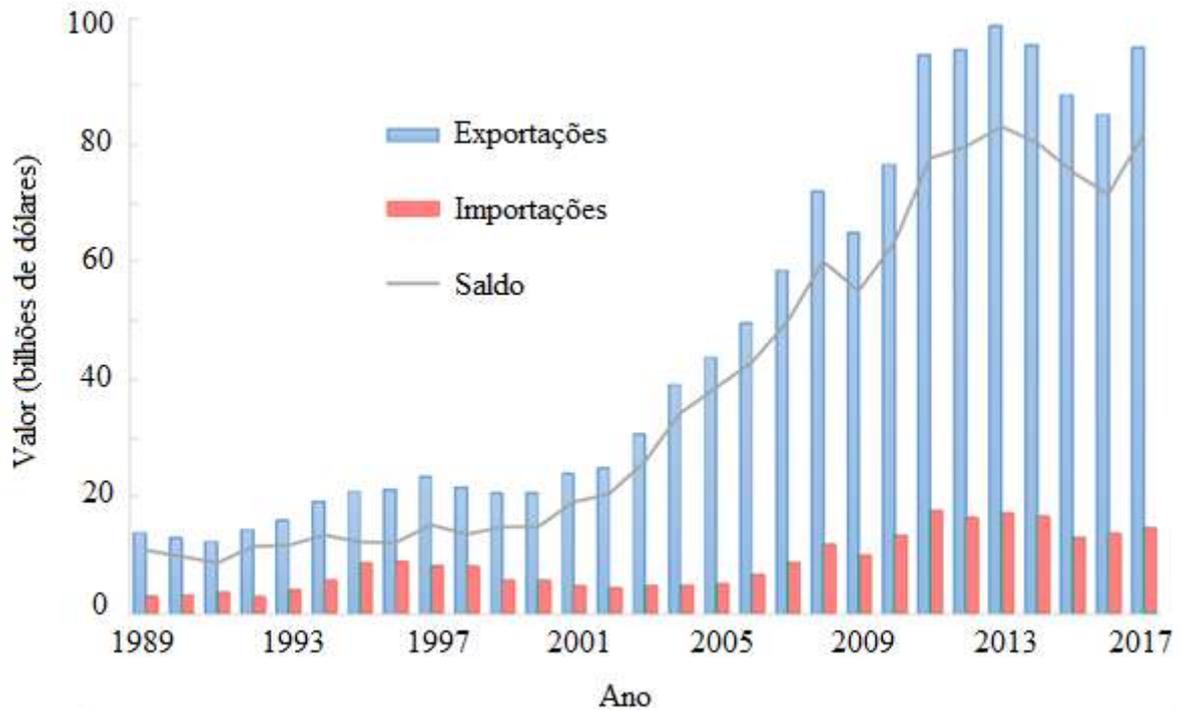
A partir de meados de 1970, o governo começou a instituir políticas públicas em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), extensão rural e crédito rural subsidiado, com o intuito de garantir a segurança à alimentação devido a crescente população urbana, além de reduzir os preços dos alimentos. (EMBRAPA, 2018c)

A partir da década de 1990, começou-se a observar os resultados provenientes dos esforços do governo, dos produtores rurais e das instituições de CT&I: o país obteve acentuados ganhos de produtividade no setor agrícola. As políticas macroeconômicas de estabilização, sendo elas o controle da inflação e o câmbio mais realista, além das maiores demandas interna e externa, foram fundamentais para o crescimento do setor agrícola, que passou a ser o principal responsável pelo superávit da balança comercial brasileira. (EMBRAPA, 2018c)

A primeira década do século XXI foi marcada por uma mudança de percepção do mundo sobre o Brasil, de um país subdesenvolvido, com um sistema de governo frágil e economia estável, passou a consolidar uma nação de economia emergente, que resolveu os problemas de segurança alimentar e energética e busca solucionar o problema de segurança territorial, ambiental, combater a miséria e a pobreza. (CRESTANA; FRAGALLE, 2012)

Em 2017, o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro fechou o ano com 1% de crescimento em relação ao ano anterior, atingindo R\$6,6 trilhões. Destes, 23,5% foi resultado do agronegócio. (GOVERNO DO BRASIL, 2018) Alheio à crise econômica, o agronegócio registrou recorde de produção de grãos na safra de 2016/ 2017, com a colheita de 240 milhões de toneladas de grãos, fornecendo alimentos para o Brasil e exportando para outros 150 países em todos os continentes. (EMBRAPA, 2018c; FERRAZ, MAGNANTE, 2018) Como principais benefícios dessa condição agrícola, podem-se destacar a produção de emprego e de renda, além de alimentos com preços mais acessíveis aos brasileiros. (EMBRAPA, 2018c)

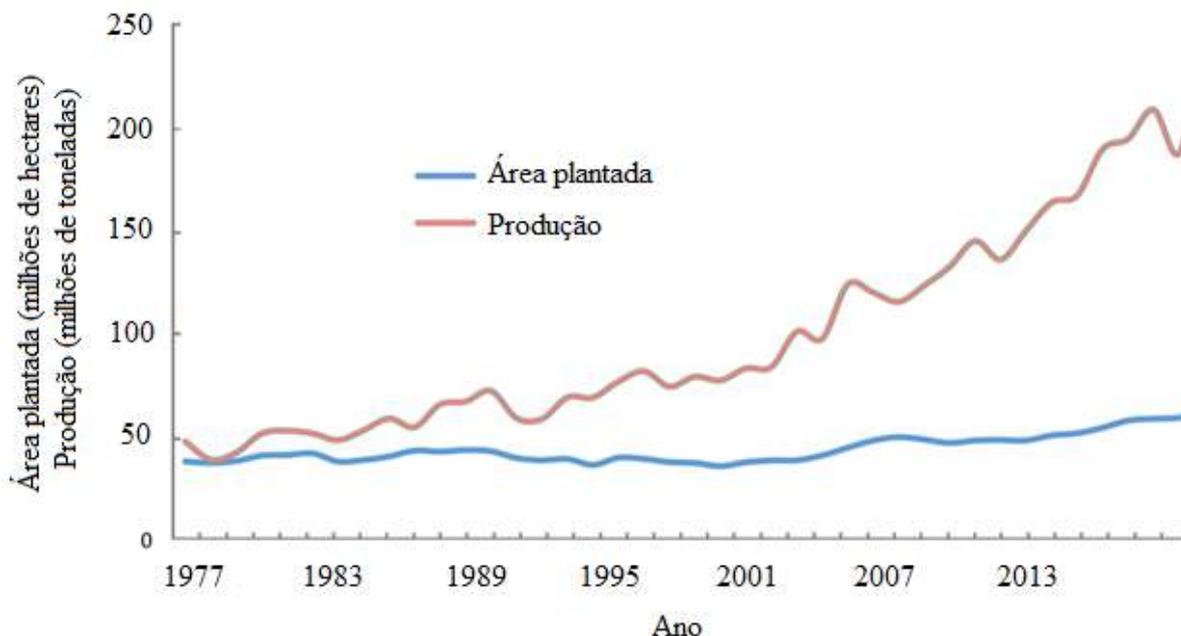
Figura 3 – Importações, exportações e saldo da balança comercial do agronegócio brasileiro.



Fonte: Embrapa, 2018c.

Entre 1977 e 2017, a produção de grãos cresceu mais de 5 vezes, de aproximadamente 45 milhões de toneladas para quase 240 milhões, enquanto a área plantada, ao contrário do que se imagina, aumentou somente 60%. (EMBRAPA, 2018) A disponibilidade de recursos naturais, a implantação de políticas públicas, investimentos em PD&I e o empreendedorismo dos agricultores foram fundamentais para o desenvolvimento agrícola do país, porém ainda é preciso fazer muito mais.

Figura 4 – Área plantada e produção de grãos.



Fonte: Adaptado de Embrapa, 2018c.

Em menos de 40 anos, o Brasil passou de um importador de alimentos para um dos principais produtores no mundo e o maior em agricultura tropical, porém ainda é possível observar grande desigualdade de produtividade e de renda no campo, consequência, principalmente, de grande parte dos agricultores não terem inserido a tecnologia em seus empreendimentos. (EMBRAPA, 2018c)

Para que seja possível o desenvolvimento da agricultura nacional como um todo, será necessário estimular a profissionalização e o empreendedorismo do agricultor, além de investir em PD&I e desenvolver tecnologias para facilitar a vida do produtor.

3.2 A soja e o mercado brasileiro

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma espécie originária da Ásia e desde então tem sido cultivada há centena de anos. (JULIATTI, 2017) No Ocidente, a introdução da soja ocorreu na Europa, em 1712, em latitudes similares das de origem e em 1765, surgiu o primeiro relato sobre o cultivo de soja nos Estados Unidos. Expandindo-se lentamente com o auxílio de investimento em pesquisas, o país passou por um desenvolvimento tecnológico, gerando cultivares produtivos, resistentes a doenças e adaptados a diferentes condições de produção norte-americanas. (GAZZONI, 2018a)

Figura 5 – Cultura de soja em uma plantação no Pará.



Fonte: GOVERNO DO BRASIL, 2017.

No Brasil, o primeiro cultivo de soja foi plantado na Bahia por Gustavo D’Utra, em 1882, porém o plantio fracassou, visto que o material genético foi desenvolvido para climas frios ou temperados e, portanto, não se adaptou às condições tropicais. Em 1891, foram testadas cultivares no Instituto Agrônomo de Campinas, o IAC-SP, localizado no estado de São Paulo, e em 1901, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (RS) porém ambas sem sucesso, até que nas décadas de 1920 a 1940 foram constados cultivares de sucesso para produção comercial de soja (GAZZONI, 2018a).

Na década de 1970, a tcheca naturalizada brasileira Johanna Döbereiner desenvolveu um modo de a soja obter nitrogênio e fixá-lo no solo, uma pesquisa que mudou o panorama da agricultura nacional e economizou bilhões de dólares ao Brasil em importações do insumo. Para viabilizar plantações, especialmente no Cerrado brasileiro, o nitrogênio, um macronutriente fundamental para o desenvolvimento de plantas, tinha de ser aplicado em grandes quantidades (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO). Com a tecnologia aprimorada pela pesquisadora, conhecida como fixação biológica de nitrogênio (FBN), foi possível a expansão da agricultura no Cerrado, graças a utilização de certos tipos de bactérias que fixam o nitrogênio, dispensado o adubo mineral, caro e nocivo ao meio ambiente (COELHO, 2000).

Na década de 1970 começou um grande incentivo com pesquisa, desenvolvimento e inovações (PD&I) na cultura da soja, envolvendo grandes instituições como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), universidades e empresas privadas. Apesar do sucesso de adaptação nos estados sulistas, Paraná e Rio Grande do Sul, o Brasil já começara a sentir a pressão da demanda do comércio internacional, então o primeiro desafio, foi adaptar o

cultivo da soja às condições subtropicais e tropicais do Brasil, para substituir as plantas importadas dos Estados Unidos. (GAZZONI, 2018a)

A soja norte-americana não crescia adequadamente no Brasil, inviabilizando a exploração comercial. Foram feitas diversas pesquisas até descobrirem que o problema estava na indução floral, determinada pelo comprimento do dia (fotoperíodo). Para adaptar essa característica, modificou-se geneticamente o DNA da soja para que, mesmo durante o período do fotoperíodo, a planta não floresça, permitindo que ela cresça e se desenvolva, forme biomassa em volume adequado e expresse altos rendimentos. Essa descoberta representou uma quebra de paradigma em escala mundial, sendo o primeiro caso de sucesso para o cultivo de soja em regiões tropicais. (GAZZONI, 2018a)

Com o passar do tempo, a cultura foi ganhando representatividade no país, tornando-se uma das principais responsáveis pela introdução do conceito do agronegócio no Brasil, não apenas pelo seu volume físico e financeiro, mas também pela necessidade de administração por parte dos produtores, fornecedores de insumos, processadores da matéria prima e de negociantes. Graças à introdução de novas tecnologias, a partir da década de 1990, a agricultura brasileira passou por um processo de modernização, reestruturando toda a cadeia produtiva da soja. Esse processo aumentou a sua participação na economia do País, tornando-a fundamental para o crescimento de renda e empregos para a população. (SILVA; LIMA; BATISTA, 2011)

A soja representa o papel de principal oleaginosa produzida e consumida em nível mundial, dada a sua importância tanto para o consumo animal, como farelo, quanto para o próprio consumo humano, como óleo. Pesquisas mais recentes apontam a importância da soja também como uma fonte alternativa de combustível (biodiesel). (SILVA; LIMA; BATISTA, 2011)

O Brasil é o segundo maior produtor de soja no mundo, atrás apenas para os Estados Unidos. Na safra 2017/2018, a cultura ocupou uma área de 124,6 milhões de hectares, totalizando uma produção de 336,7 milhões de toneladas, conforme os dados econômicos divulgados pela EMBRAPA (2018b) em maio de 2018. Só no Brasil, a sua produção foi de 119,5 milhões de toneladas, com área plantada de 36,2 milhões de hectares e produtividade de 3.333 kg/há, conforme o levantamento feito em maio deste ano pela Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2018).

3.2.1 Doenças e desafios da soja no Brasil

Embora seja hospedeira de diversas pragas, tanto em climas temperados ou frios, quanto em climas tropicais, o clima tropical causa um impacto negativo muito maior na soja, limitando a sua produtividade. Para solucionar essas ameaças fitossanitárias, foi fundamental o desenvolvimento de tecnologias, principalmente a modificação genética de tolerância ou resistência a vírus, bactérias, fungos e nematoides, inserindo, por exemplo, um gene no genoma da soja que produz uma proteína letal aos insetos desfolhadores. Também se começou a fazer o manejo de pragas da soja, técnica que alia conhecimentos da biologia e da ecologia das pragas e com prática de controle, que inclui manejo da cultura, controle biológico e químico. Além disso, o manejo adequado do solo, com a correção do seu perfil, a medição da porosidade e o teor de matéria orgânica exigiram tecnologias que permitissem um ambiente ideal para o crescimento das raízes da soja e para a rizosfera, região onde o solo e as raízes da planta entram em contato (GAZZONI, 2018a).

3.2.1.1 Principal doença da soja

A soja é um cultivar que possui ciclo determinado, em que seu crescimento vegetativo é cessado no início da floração e as vagens crescem apenas após o final do florescimento. Além disso, é infectada por mais de 40 fitopatógenos originários de fungos, bactérias, vírus e nematoides ao longo de todo o seu ciclo, desde a germinação até a maturação. (GAZZONI, 2017)

Um dos principais fitopatógenos é a *Phakopsora*, um fungo causador de uma das principais doenças na soja, chamada ferrugem. A *Phakopsora* possui duas espécies diferentes, a *P. meibomiae*, causadora da ferrugem americana, devido a sua origem no Continente Americano, e a *P. pachyrhizi*, causadora da ferrugem asiática, pelo alto potencial de danos causados nos países asiáticos em 1979. No Brasil, a ferrugem da soja foi constatada pela primeira vez em 1979, na cidade de Lavras, MG. (JULIATTI, 2017) Desde então, houve relatos de epidemias em diversos municípios de Minas Gerais e no Distrito Federal. (CARVALHO, 2010)

A ferrugem asiática é conhecida como a doença de maior impacto na cultura da soja no Brasil e presente em todas as regiões produtoras, podendo causar perdas de produção de 30 a 90%, caso não seja controlada. O patógeno pode ser disseminado a longas distâncias pela ação do vento e, após infectar o hospedeiro, começa a se reproduzir a taxas elevadas, caracterizando uma proliferação da doença. Estima-se que são gastos pelos produtores brasileiros cerca de US\$

2,2 bilhões por ano com aplicação de fungicidas, técnica mais aplicada para controlar a doença (EMBRAPA, 2018a; CARVALHO, 2010).

A grande capacidade de mutação e variabilidade genética do fungo *Phakopsora* faz com que os produtos disponíveis no mercado percam a sua eficiência safra após safra. Outra estratégia é reduzindo a reprodução do fungo, aplicando métodos de manejo, como por exemplo, a adoção de períodos de vazio sanitário, proibindo a produção do cultivo da soja por um período de 60 a 90 dias durante a entressafra e épocas específicas e plantio, além da utilização de uma rede de monitoramento, diagnóstico e alerta e a recomendação de medidas de controle mais eficientes. Adicionalmente, pesquisadores estão estudando cultivares de soja resistentes à doença (EMBRAPA, 2018a; GAZZONI, 2018a).

4 AGRICULTURA DIGITAL

Agricultura Digital (AD), do termo em inglês *Digital Farming*, é também conhecida como Agricultura 4.0. De acordo com Albuquerque (2017), AD é uso intensivo de diversas técnicas ligadas à informática, que são aplicadas na gestão completa de propriedades agrícolas para auxílio às decisões que o produtor precisa tomar. Belardo (2018) acrescenta como o uso do processamento de todos os dados gerados no campo, utilizando sensores eletrônicos instalados nas máquinas, sensores nos talhões, uso de imagens de alta resolução, sistemas de georrefenciamento, apontamentos econômicos, entre outros, para que o agricultor possa tomar a decisão mais acertada sobre a gestão de sua produção.

Para Schiessl, a AD consiste na integração dos processos agrícolas com as tecnologias de informação, utilizando algoritmos, *Big Data* e sensores (IoT) no campo com o objetivo de aumentar a produtividade das lavouras. São tecnologias para o mapeamento de regiões, estudos de solos e monitoramento de fazenda em tempo real, que podem ser gerenciadas por computadores e até mesmo tablets e smartphones.

As tecnologias de informação geram e permitem armazenar diversos históricos de dados, como por exemplo, condições do tempo em diferentes áreas, compras de produtos agrícolas por cliente ou região, imagens de satélite, dados de venda da safra, pesquisas na internet. A promessa do *big data* é suportar volumes gigantescos de dados em busca de padrões estatísticos e que tragam informações valiosas para a agricultura. (BAYER, 2016)

Por muito tempo, os agricultores cultivaram suas produções por meio da “tentativa e erro”, adquirindo apenas um conhecimento básico sobre as culturas, as condições climáticas e o solo. (SIQUEIRA, 2018) A AD chega como consequência da necessidade natural de gestão de negócio no campo, porém ainda é possível encontrar produtores resistentes a esse novo modelo de produção, muitas vezes por desconhecerem as vantagens ou simplesmente pelo medo da complexidade que essas tecnologias podem trazer no dia a dia deles. (MORELLI, 2018)

A AD não só afeta o hábito de compra do agricultor, como também muda a forma com que os produtores de sementes e as empresas de agroquímicos comercializam e estabelecem seus preços de venda, afinal esta nova tecnologia permite a obtenção de dados mais detalhados, permitindo maior planejamento e entendimento mais precisos das principais necessidades dos agricultores. (EY, 2017)

4.1 A agricultura digital pelo mundo

4.1.1 Algoritmos e *big data*

Nicoletta (2016) conta o caso de um dos maiores investimentos em agricultura digital do planeta. Em 2013, a multinacional americana Monsanto, que hoje pertence à alemã Bayer, comprou a Climate Corporation por US\$ 930 milhões, uma empresa fundada em 2006 por ex-funcionários do Google, que trabalha com tecnologias que coletam, monitoram e analisam uma série de informações na lavoura, em tempo real, formando um banco de dados de fácil acesso para os agricultores, independentemente de seu porte.

Nos Estados Unidos, a plataforma da Climate é utilizada por agricultores em 30 milhões de hectares que recebem informações detalhadas de cada talhão de sua fazenda, como a visibilidade de mapas de plantio, de colheita, de produtividade, de dados precisos de cada parte de sua propriedade que podem ajudá-lo a tomar decisões.

Com esse banco de informações, a Monsanto conseguia recomendar aos agricultores qual a melhor data de plantio, qual semente a usar, a adubação a ser feita, entre várias outras decisões. Esta plataforma permite que o produtor acompanhe em seu tablet a qualidade do seu plantio, verificando a atuação de cada plantadeira, se estão trabalhando na população de plantas que ele planejou e diversas outras características que influenciam na safra, com a possibilidade de intervir antes da ocorrência de um problema.

4.1.2 Fazenda inteligente

Em novembro de 2017 a Bayer inaugurou a primeira Bayer ForwardFarming (BFF) no Brasil, no estado de Goiás, GO. A Bayer ForwardFarming é uma iniciativa da empresa em parceria com agricultores locais, com o objetivo de fomentar boas práticas no campo para atender a demanda mundial de produzir mais e melhor. A fazenda escolhida para ser a pioneira BFF no Brasil pertence a uma família que está na região desde 1995 e produz soja, milho, feijão, trigo e sorgo em seus 2700 hectares. Além de questões de boas práticas agrícolas, a Bayer aplica na fazenda técnicas de agricultura de precisão, gestão integrada de plantas daninhas, manejo integrado de doenças e pragas, monitoramento e controle de nematoides (vermes parasitas de 0,3 a 3 milímetros de comprimento, corpo cilíndrico, alongado e extremidades afiliadas, que vivem nos solos e atuam nas raízes das plantas) (BAYER, 2017).

4.1.3 Trator autônomo

Em abril de 2017, foi apresentado o modelo de trator sem cabine e operado totalmente à distância da marca Case. Este trator é um projeto piloto, possui motor diesel e 380 cavalos, com design futurista e comandado por meio de um *tablet*. Este modelo possui tecnologias como telemetria, sensores, radares e câmeras, além do aplicativo de controle remoto e sistemas de comunicação com outras máquinas e equipamentos.

Este modelo faz a integração apenas com equipamento da mesma marca Case, porém a empresa ambiciona criar uma plataforma aberta, em que máquinas de diferentes marcas possam se comunicar entre si.

Este trator tem a capacidade de operar 24 horas por dia e pode executar tarefas em todas as fases de produção. Não há previsão de lançamento comercial do trator autônomo. A empresa está executando dois projetos-pilotos nos Estados Unidos para testar a aceitação da tecnologia (SALOMÃO, 2017).

4.2 A agricultura de precisão (AP)

A agricultura de precisão faz parte da agricultura digital, cujas principais ferramentas são o GPS, sensoriamento remoto, aplicação de insumos em taxas variáveis (ATV), sistemas de informação geográfica (SIG), mapas de produtividade, dentre outros. (PIRES et al., 2004; ANSELMINI, 2012). Ela pode ser utilizada em todas as culturas, desde que haja variabilidade espacial, ou seja, está fundamentada no fato que as lavouras não são uniformes, nem no tempo, nem no espaço. (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015)

No Brasil, o tema AP, para Inamasu et al (2011), é uma área do conhecimento relacionada ao aperfeiçoamento das máquinas agrícolas por meio de eletrônicos e sistemas computacionais complexos, com objetivo final gerenciar a variabilidade espacial e maximizar o retorno econômico, minimizando os impactos ao meio ambiente.

Os primeiros trabalhos com AP no Brasil surgiram há aproximadamente 2 décadas nas culturas de soja e milho, utilizando mapas de produção que mostravam a variabilidade da produção em uma área considerada uniforme. Nesse período, a utilização de GPS e computadores para realizar processamento de imagens era algo considerado extremamente sofisticado, além do alto custo, mas o avanço de novas tecnologias derrubou estes obstáculos, possibilitando sua utilização inclusive em equipamentos de uso pessoal. (INAMASU et al, 2011)

A agricultura de precisão contém três componentes primários: o GPS, que fornece a localização do equipamento; mecanismos para controle de aplicação de defensivos agrícolas, nutrientes, água ou outros insumos em tempo real; e um banco de dados que fornece a informação que permite desenvolver as relações causa efeito e analisar as respostas à aplicação de insumos nas diversas condições especificamente localizadas. (MACHADO; BERNARDI; SILVA, 2004)

Oliveira (2016) segmenta a AP em quatro etapas: monitoramento intensivo; geração e integração de mapas; sistematização da modelagem agronômica; aplicação diferenciada de insumos. A integração destas etapas possibilita calcular os índices de produção que orientam o tipo de manejo mais adequado quanto ao local, momento e quantidades necessárias.

4.2.1 Sistemas de informação geográfica (SIG)

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) ou *Geographic Information Systems* são softwares com capacidade de organização, análise espacial dos dados e produção em mapas, para que os dados obtidos por meio de outras técnicas da AP se transformem em informações confiáveis. Geralmente são compostos por uma interface com o usuário; entrada e edição de dados; funções de análise de dados, processamento gráfico e de imagens; visualização e plotagem; armazenamento e recuperação de banco de dados georreferenciados, no entanto, não há uma definição única do que seja um SIG. (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015)

Segundo Miranda (2010), o SIG possui componentes de informática, diferentes módulos de aplicação e recursos humanos, operando sempre em equilíbrio para o sistema funcionar satisfatoriamente. Portanto, o SIG é um sistema computacional capaz de tratar as informações georreferenciadas obtidas em campo, permitindo análises espaciais e modelagens e gerando mapas, normalmente por meio de interpolações.

Os softwares dos SIG são específicos para a sua utilização no tratamento e manipulação de dados referentes ao espaço, sendo constituídos por diferentes módulos e executados em diversas funções. (MANAIA; ROSOLÉM, 2010).

Assis et al (2015) realizou um estudo de um aplicativo *web mobile* multiplataforma para o monitoramento da ferrugem asiática da soja no Brasil. Este aplicativo possibilita o uso de dispositivos móveis, tais como *smartphones* e *tablets*, para acessar informações sobre as ocorrências da doença em todo o território brasileiro, em tempo real. Desta forma, é possível visualizar a disseminação da doença nos pontos específicos de maior e menor incidências, além de seu grau de dispersão.

4.1.2 Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS)

Os Sistemas de Navegação Global por Satélites ou *Global Navigation Satellite System* (GNSS) são imagens de satélite, que permitem visualizar anomalias tanto na plantação e no solo, quanto em florestas, identificando problemas de fitossanidade (propriedade que as plantas e árvores possuem em se recuperar de pragas e doenças que as atacam), nematoides, estresse hídrico, erosões, falhas no sistema de irrigação, entre outros. Inicialmente, os GNSS foram desenvolvidos para fins bélicos, revolucionando os métodos de localização terrestre.

Um dos mais importantes componentes de alcance global é o GPS, um sistema de geoposicionamento por satélites artificiais desenvolvido na década de 1990 pelos Estados Unidos, baseado na transmissão e recepção de ondas de radiofrequência captadas por receptores, com o objetivo de ser o principal sistema de navegação, capaz de fornecer o tempo, posição e velocidade, com rapidez e precisão, em qualquer instante e local aberto do planeta. (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015)

O NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) é um exemplo de como as imagens de satélite podem ser processadas digitalmente na agricultura. É um índice que analisa a condição da vegetação no campo, cujo resultado do processamento destas imagens mostra diferentes colorações, indicando quais são as áreas que apresentam maior densidade vegetativa, o que significa maior produtividade na lavoura, as áreas com menor densidade vegetativa e até mesmo algum tipo de anomalia. Esta tecnologia permite que produtor rural analise as imagens coletadas e identifique potenciais problemas, para tomar ações e corrigir as falhas, reduzindo perdas e elevando a produtividade. (AGROSMART, 2017)

Zadrozny (2015) conta em um artigo um exemplo de sucesso na Califórnia, EUA. A empresa IBM Research, em parceria com a vinícola E&J, a maior exportadora de vinhos californianos, implantou sensores de umidade, temperatura e radiação e imagens de satélites para fazer recomendações em tempo real para cada planta, controlando diretamente as linhas de irrigação e fertilização por gotejamento. Este sistema foi implantado quando os produtores perceberam que a irrigação e fertilização uniformes, ao contrário do que se imagina, não produziam uvas de boa qualidade, devido às características variadas do solo. Após a implantação desse sistema integrado, a produção teve um aumento de 23% e redução de 20% no consumo de água, sem comprometer a qualidade das uvas.

Mesmo sendo um sistema altamente confiável, frequentemente ocorrem problemas de localização, causados por diversos motivos, desde a diminuição na qualidade do sinal até a

perda temporária do sinal dos satélites. Estes problemas podem provocar erros nos dados armazenados. (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015)

No Brasil estão sendo disponibilizados métodos de correção pós-processada de aplicação na agricultura, uma correção em tempo real via rádio com torre local, abrangência continental e sinal via satélite de comunicação. Além disso, recentemente foram disponibilizados sistemas de correção autônomos que consistem de algoritmos internos, que utilizam a posição de satélites para produzir a própria correção. (MOLIN, 2004)

4.2.3 Veículos aéreos não tripulados (VANTs)

Os veículos aéreos não tripulados (VANTs) são equipamentos utilizados para coletar imagens de uma determinada lavoura ou região, que serão processadas e analisadas por meio de um computador a fim de, posteriormente, serem aplicadas técnicas para auxiliar os agricultores na tomada de decisão. (BORTH et al, 2014) É uma técnica que vem sendo cada vez mais utilizada pelos agricultores para aumentar seu conhecimento sobre suas áreas e pragas nas suas propriedades. (AGRODEBATE, 2014)

Atualmente, os VANTs estão sendo mais requisitados que imagens de satélites, apesar o do uso desses equipamentos não ter o intuito de substituí-los, mas sim para complementar e aprimorar limitações dessas abordagens. É possível encontrar VANTs de diferentes modelos, tamanhos e finalidades, além de possuir fácil acesso, custo operacional reduzido, maior precisão, facilidade na operação, risco reduzido às pessoas, animais e edificações, voar em menores altitudes e espaços reduzidos. Como desvantagens, pode-se citar a menor estabilidade e autonomia de voo. (BORTH et al, 2014)

Os VANTs na agricultura podem ser utilizados de diversas formas, por exemplo: na aplicação de fertilizantes, pesticidas e herbicidas, prejudicando menos o meio ambiente, quando comparado a uma aplicação com veículos aéreos tradicionais, uma vez que é possível diminuir a dosagem em locais sensíveis, como margens de terreno próximas à fauna e a flora; na detecção mais rápida de pragas e doenças, uma vez que eles podem operar em altitudes mais baixas que os veículos aéreos tradicionais, capturando imagens de alta resolução, possibilitando a identificação de pragas antes mesmo de se alastrarem na plantação, realizando um trabalho de prevenção ativa periódica; no controle da produção agrícola, fornecendo um mapeamento completo da área do produtor, inclusive em áreas inacessíveis. (BORTH et al, 2014)

Uma das primeiras aplicações dos dados obtidos pelos VANTs tem sido a detecção de diferenças na reflectância, relacionadas à densidade da cobertura vegetal. A partir desses dados,

é possível identificar a intensidade com que cada material (solo, rocha ou vegetação) reflete a radiação eletromagnética em diferentes comprimentos de ondas do espectro. (BERNARDI et al, 2014)

Um drone é um exemplo de um VANT, que pesa em torno de 7kg e carrega uma câmera para registrar imagens da lavoura do produtor. Ele pode alcançar mil metros de altura, mas a permissão para voar no Brasil é de até 120 metros e somente em áreas rurais. Com ele, uma área de 120 hectares, por exemplo, em que o agricultor levaria aproximadamente 5 horas para percorrer, o drone percorre em 20 minutos, captura as imagens, que podem ser vistas imediatamente após o voo. (SOJA BRASIL, 2015)

O estudo realizado por Jesus, Silva e Rocha (2015), registrou uma cultura de soja utilizando um drone. As fotos obtidas com o voo do drone foram armazenadas em um banco de dados de imagens e, em seguida, processadas por um *software* chamado “Detector de Pragas”. Este *software* foi desenvolvido pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), de Ponta Porã, utilizando recursos de visão computacional para indicar a possível existência de pragas por meio do reconhecimento de padrões em imagens das plantas. Após realizar os registros de imagens na lavoura de soja, o software retornou como resultado as imagens detectadas e a posição do GPS em que as imagens foram obtidas.

A utilização de drones nas lavouras permite, por exemplo, identificar um nível muito elevado da infestação da ferrugem asiática da soja e as regiões de maior intensidade. Desta forma, o produtor pode tomar a decisão de aplicar o fungicida apenas em uma faixa de sua plantação, garantindo uma aplicação mais adequada do produto e evitando problemas de resistência do fungo.

O uso dos VANTs ainda é incipiente, apesar de todo o seu potencial, havendo a necessidade de mais PD&Is para sua utilização adquirir larga escala. (BORTH et al, 2014)

4.2.4 Aplicação de fertilizantes à taxa variável (ATV)

A aplicação de fertilizantes é um processo essencial para a manutenção de níveis adequados de nutrientes do solo para o desenvolvimento das culturas, porém a aplicação destes produtos, em sua maioria químicos, sem critérios origina impactos ambientais e tem custos econômicos e energéticos. (SERRANO et al, 2014) Uma das maiores preocupações da atualidade é o impacto que o uso superestimado de fertilizantes nas produções agrícolas geram no meio ambiente. No Brasil, essa preocupação com o uso eficiente de fertilizantes possibilitou o desenvolvimento de tecnologias como a ATV. (ARTUZ; SOARES; WEISS, 2017)

A aplicação em taxa variável de corretivos de solo e/ ou fertilizantes (ATV) é uma das ferramentas empregadas na AP e corresponde ao tratamento de cada região específica da lavoura, variando as doses e insumos a serem aplicadas de acordo com a necessidade de cada ponto do talhão ou zona de manejo. (ANSELMINI, 2012)

4.3 Desafios

Embora os benefícios da agricultura digital sejam diversos, ainda existem desafios significativos que não podem ser descartados. Para que a adoção dessas tecnologias venha acontecer em maior intensidade, deve haver o esforço em duas frentes: da pesquisa, com recursos públicos e privados, para acelerar o processo de entendimento dos fenômenos da variabilidade existentes nos campos; e a redução dos custos de adoção. (MOLIN, 2003)

Além disso, a falta de informação do usuário ainda é um grande desafio. Alto custo, dificuldades na utilização dos softwares e uso de dados; formatos de dados de propriedade exclusiva e incompatíveis; e um retorno sobre o investimento não muito claro, são exemplos do que se pode melhorar. (MOLIN, 2003; EY 2017)

Há também uma incerteza da segurança dos dados do agricultor. Muitos produtores rurais possuem a desconfiança de que os dados relativos à sua propriedade poderiam ser usados contra eles mesmos, em caso de caírem “em mãos erradas”. Para acabar com a desconfiança, uma opção que tem sido discutida é a criação de um agregador neutro para compartilhamento de dados, ou seja, a utilização de um possível terceiro, que una todos os dados vindos de cada fazenda individualmente. Independentemente de ter, ou não, uma proteção contra terceiros, ainda há uma necessidade de criar algum tipo de garantia para que os agricultores saibam que seus dados estão sendo usados da maneira como acordaram. Este agregador de compartilhamento de dados poderá ajudar a abordar as questões de sustentabilidade e segurança alimentar que demandam mais tempo para serem resolvidas. (EY, 2017)

Outro grande desafio a ser enfrentado é a fraca infraestrutura de rede (o sinal de celular no campo) e o limitado capital de economias emergentes, apesar do custo da agricultura digital diminuir consideravelmente conforme novas tecnologias são lançadas no mercado. (AQUINO, 2018; EY, 2017)

4 CONCLUSÃO

O plantio de soja atualmente envolve diversas variáveis, desde a escolha do melhor período de plantio, determinação da semente mais adequada para o tipo de solo e clima, até o combate a doenças e outras pragas. Com o avanço da agricultura digital o produtor poderá analisar todos os dados coletados de sua plantação e, desta forma, poderá tomar a melhor decisão para a sua propriedade.

As soluções de tecnologia da informação já são capazes de armazenar e analisar dados de solo, temperatura, clima, entre outros, gerando informações com alto grau de precisão. No ambiente rural, a agricultura digital pode elevar os rendimentos agrícolas, com menor consumo de insumos por hectare e reduzindo o desperdício de alimentos ao longo da cadeia de suprimentos. Quanto mais produtividade nas lavouras, mais haverá comida para alimentar a população, em contar que, produzindo mais em menos tempo, permite que o tempo restante possa ser utilizado para educação e qualificação profissional.

Os benefícios da agricultura digital são atraentes, mas ainda há muitos desafios a serem enfrentados, como por exemplo, a dificuldade de usar softwares, questões quando ao uso e formato dos dados e retorno sobre o investimento ainda não muito claro para muitos. Além disso, existe o medo da segurança da informação: os dados gerados de propriedades podem cair em mãos erradas e serem utilizados contra os próprios produtores.

A soja possui um importante papel na alimentação mundial e o Brasil tem uma capacidade imensa de elevar sua produtividade por meio da agricultura digital.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. **Agricultura Tropical – Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Embrapa Informação Tecnológica, vol.1, ed.1, Brasília, 2008.

AGRODEBATE. Entidade vai utilizar drones para monitorar lavouras de soja em MS. Outubro, 2014. Disponível em < <http://g1.globo.com/mato-grosso/agrodebate/noticia/2014/10/entidade-vai-utilizar-drones-para-monitorar-lavouras-de-soja-em-ms.html>>. Acesso em: Outubro 2018

AGROSMART. **O uso de imagens de satélite na agricultura: conheça os benefícios**. Agricultura Digital, 2017. Disponível em < <https://agrosmart.com.br/blog/agricultura-digital/imagens-de-satelite-agricultura-beneficios/>>. Acesso em: Outubro 2018.

ANSELMINI, A.A. **Adoção da agricultura de precisão no Rio Grande do Sul**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2012.

AQUIM, T. **IoT no agronegócio: aplicações, desafios e resultados**. Datacenter Dynamics, Agosto 2018. Disponível em <<http://www.datacenterdynamics.com.br/focus/archive/2018/08/iot-no-agronego-cio-aplica-cio-a7-cio-b5es-desafios-e-resultados>>. Acesso em: Outubro 2018.

ARTUZO, F.D.; SOARES, C.; WEISS, C.R. Inovação de processo: o impacto ambiental e econômico da adoção da agricultura de precisão. **Revista Espacios**, v. 38, n. 2, p. 6, RS, 2017.

ASSIS, F.P. et al. Aplicativo web mobile para monitoramento da ferrugem asiática da soja no Brasil. **X Congresso Brasileiro de Agroinformática**, Ponta Grossa, PR, 2015

BAYER. 5 Tendências para o digital farming. **Rede AgroServices**, 2016. Disponível em <<https://www.redeagroservices.com.br/noticias/tendencias-digital-farming>>. Acesso em Maio de 2018.

BAYER. Bayer inaugura primeira fazenda do projeto ForwardFarming no Brasil.

Dezembro, 2017. Disponível em < <https://www.bayer.com.br/midia/sala-de-imprensa/crop-science/releases/bayer-inaugura-primeira-fazenda-do-projeto-forwardfarming-no-brasil-.php>>. Acesso em Maio de 2018.

BERNARDI, A.C.C. et al. Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.

Embrapa, Brasília, DF, 2014

BELARDO, G. Agricultura Digital – A nova revolução no agronegócio. Revista Agri World,

2018. Disponível em < <http://www.agriworld-revista.com/2018/05/09/agricultura-digital-a-nova-revolucao-no-agronegocio/>>. Acesso em: Outubro 2018.

BORTH, M.R. et al. A visão computacional no agronegócio: aplicações e direcionamentos. 7º

ECAECO, Ponta Porã, MS, 2014.

COELHO, M.A. O legado de Johanna Döbereiner: uma contribuição decisiva para a agropecuária brasileira. Revista Pesquisa FAPESP, ed. 58, Outubro 2000.

CONAB. 8º Levantamento – Safra 2017/18. Boletim da Safra de Grãos, Maio 2018.

Disponível em < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: Junho 2018.

CRESTANA, S.; FRAGALLE, E.P. A trilha da quinta potência: um primeiro ensaio sobre ciência e inovação, agricultura e instrumentação agropecuárias brasileiras. Revista Eixo, v.1, n.1, 2012.

EMBRAPA. Futuro do combate à ferrugem da soja passa pela integração de tecnologias e estratégias de manejo. Embrapa Soja, Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, Junho de

2018a. Disponível em <<https://www.embrapa.br/soja/busca-de-noticias/-/noticia/35059076/futuro-do-combate-a-ferrugem-da-soja-passa-pela-integracao-de-tecnologias-e-estrategias-de-manejo>>. Acesso em: Junho 2018.

EMBRAPA. **Dados econômicos**, Embrapa Soja, 2018. Disponível em <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: Junho 2018b.

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

EY. **Agricultura digital: solução para alimentar um mundo que não para de crescer?** ENDEAVOR, 2017. Disponível em <<https://endeavor.org.br/inovacao/agricultura-digital-solucao-para-alimentar-um-mundo-que-nao-para-de-crescer/>>. Acesso em: Outubro 2018.

FAO. **How to feed the world in 2050?** 2009. Disponível em <http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf>. Acesso em: Junho de 2018.

FAO. **The state of food security and nutrition in the world: building climate resilience for food security and nutrition**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2018.

FEE. **O que é o agronegócio?** Fundação de Economia e Estatística, FEE, Agosto 2015. Disponível em <<https://www.fee.rs.gov.br/sinteseilustrada/o-que-e-o-agronegocio/>>. Acesso em: Outubro 2018.

FERRAZ, Jr. **Agronegócio sustenta protagonismo na economia brasileira: setor imune à crise econômica colhe safra recorde de grãos e garante crescimento acima da média**. Atualidades, Rádio USP. Disponível em <<https://jornal.usp.br/atualidades/agronegocio-sustenta-protagonismo-na-economia-brasileira/>>. Acesso em Agosto de 2018.

FILHO, J.E.R.V.; FISHLOW, A. **Agricultura e Indústria no Brasil: inovação e competitividade**. IPEA, Brasília, 2017.

GAZZONI, D.L. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Ciência e Cultura**, vol.10, n.3, p. 16-18, Julho 2018a.

GAZZONI, D.L. Como alimentar 10 bilhões de cidadãos na década de 2050. **Ciência e Cultura**, vol.69, n.4, p. 33-38, Outubro 2018b.

GAZZONI, D.L. **Soja e abelhas**. Embrapa, ed.1, Brasília, 2017.

GOVERNO DO BRASIL. **Agronegócio impulsiona avanço do PIB do 1º trimestre, aponta IBGE**. Maio 2018. Disponível em < <http://www.brasil.gov.br/noticias/economia-e-financas/2018/05/agronegocio-impulsiona-avanco-do-pib-no-1-trimestre-aponta-ibge>>. Acesso em: Outubro 2018.

GOVERNO DO BRASIL. **Produção de soja**, Dezembro 2017. Disponível em < <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/09/valor-da-producao-agricola-cresceu-20-em-2016/soja.jpg/view>>. Acesso em: Outubro 2018.

INAMASU, R. et al. **Agricultura de precisão: um novo olhar**. Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP, 2011.

JESUS, L.F.; SILVA, V.B.; ROCHA, F.G. **Uso de software para detecção de doenças na cultura da soja com o auxílio de um drone autônomo**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cáceres, MT, 2015.

JULIATTI, F.C. Mitos e Realidades: um panorama das doenças que limitam a produtividade na cultura da soja e as medidas de manejo racional que ajudam o produtor a conviver com essas enfermidades sem comprometer o lucro. **Revistas Cultivar Grandes Culturas**, n.219, Agosto 2017

LOPES, M.A. Sistema de Inteligência Estratégica para a Agropecuária Brasileira. **Câmara dos Deputados**, Brasília – DF, Abril, 2013. Disponível em < <http://www2.camara.leg.br/a-camara/estruturaadm/altosestudos/pdf/apresentacao-mauricio-lobes-2a-reuniao-cesdes>>. Acesso em Maio 2018.

MACHADO, P.L.O.A.; BERNARDI, A.C.C.; SILVA, C.A. **Agricultura de precisão para manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto**. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ, 2004.

MANAIA, M.S.R.; ROSOLÉM, N.P. A utilização do SIG para verificação das produções agrícolas dos distritos de Londrina – Paraná. **VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física**, Universidade de Coimbra, 2010.

MASSRUHÁ, S.M.F.S; LEITE, M.A.A. Agricultura Digital. **RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para a Agricultura Familiar**, Tupã, v.2, n.1, p. 72-88, 2016.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **Histórias das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. Editora UNESP, São Paulo, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Cientista que liderou pesquisa sobre fixação biológica de nitrogênio é homenageada**. Outubro 2016. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/cientista-que-liderou-pesquisa-sobre-fixacao-biologica-de-nitrogenio-e-homenageada>>. Acesso em: Dezembro 2018.

MIRANDA, J.I. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 2010.

MOLIN, J.P. **Agricultura de precisão: situação atual e perspectivas**. Piracicaba, 2003.

MOLIN, J.P.; AMARAL, L.R.; COLAÇO, A.F. **Agricultura de precisão**. Oficina de Textos, São Paulo, SP, 2015.

MOLIN, J.P. Tendências da agricultura de precisão no Brasil. **Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão**, Piracicaba, SP, 2004.

MORELLI, A. **Agricultura 4.0 e a gestão agro na palma da sua mão**. Grupo Cultivar, 2018. Disponível em <<https://www.grupocultivar.com.br/artigos/agricultura-4-0-e-a-gestao-agro-na-palma-da-sua-mao>>. Acesso em: Outubro 2018.

OLIVEIRA, R.P. Apoio à decisão na adoção da agricultura de precisão: a tecnologia da informação em apoio ao conhecimento agrônômico. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v.2, n.1, 2016.

ONU. **Após uma década de queda, fome volta a crescer no mundo**. Nações Unidas Brasil, 2017. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/onu-apos-uma-decada-de-queda-fome-volta-a-crescer-no-mundo/>>. Acesso em: Maio 2018.

PIRES, J.L.F et al. **Discutindo agricultura de precisão** – Aspectos gerais. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2004.

RUFINO, J.L.S. Origem e conceito de agronegócio. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n. 199, p. 17-19, 1999.

SALES, P.V.R. **Investimentos públicos, inovação tecnológica e produtividade na agricultura brasileira: o caso das culturas de algodão, milho, soja e trigo**. UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Agosto 2012.

SALOMÃO, R. **Case apresenta trator autônomo e sem cabine no Brasil**. Revista Globo Rural, Sorocaba, Abril 2017. Disponível em <<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Empresas-e-Negocios/noticia/2017/04/case-apresenta-trator-autonomo-e-sem-cabine-no-brasil.html>>. Acesso em: Outubro 2018.

SCHOEPP, B. **Farmer**. Disponível em <<http://brendaschoepp.com/farmer/>>. Acesso em: Outubro 2018.

SERRANO, J.; PEÇA, J.; SILVA, J.M.; SHAHIDIAN, S. Aplicação de fertilizantes: tecnologia, eficiência energética e ambiente. **Revista de Ciências Agrárias**, Portugal, 2014.

SILVA, A.C.; LIMA, E.P.C; BATISTA, H.R. **A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação**. UNESC, Florianópolis, SC, 2011.

SOJA BRASIL. Parceria entre Famasul e universidade cria monitoramento por drones. Janeiro, 2015. Disponível em < <http://www.projetosojabrasil.com.br/monitoramento-drone-lavoura/>>. Acesso em: Outubro 2018.

SONNINO, A. A inovação na agricultura: chave para vencer os desafios de segurança alimentar e das mudanças climáticas. **AGRÁRIA**, São Paulo, n.15, p. 71-85, 2011.

ZADROZNY, B. **Agricultura digital, você sabe o que é?** Revista Globo Rural, Setembro 2015. Disponível em <<https://revistagloborural.globo.com/Tecnologia-no-Campo/noticia/2015/09/o-nascimento-da-agricultura-digital.html>>. Acesso em: Outubro 2018.