



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DANILO DOMINGOS FONSECA TEOFILLO

TECNOLOGIA EMBARCADA EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS

FORTALEZA

2019

DANILO DOMINGOS FONSECA TEOFILO

TECNOLOGIA EMBARCADA EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Agronomia. Área de concentração: Engenharia de sistemas agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F743t Fonseca Teofilo, Danilo Domingos.
Tecnologia embarcada em máquinas agrícolas / Danilo Domingos Fonseca Teofilo. – 2019.
26 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti.

1. Eletrônica embarcada. 2. Agricultura 4.0. 3. Agricultura de precisão. I. Título.

CDD 630

DANILO DOMINGOS FONSECA TEÓFILO

TECNOLOGIA EMBARCADA EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em: 28/11/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Leonardo Lenin Marques Brito
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Elivânia Maria Sousa Nascimento
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Marcelo Queiroz Amorim
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, irmãos e amigos

AGRADECIMENTOS

À UFC, por todo apoio e estrutura oferecidos durante toda a minha graduação.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti, pela paciência e excelente orientação.

Aos pesquisadores participantes da banca examinadora pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos meus bons professores, por todos ensinamentos e experiências compartilhadas, me mostrando os reais valores da profissão.

Aos meus não tão bons professores, por me ensinarem que sem paixão pelo que se faz, os resultados serão na sua grande maioria frígidos e amargurados.

Aos meus colegas de curso, que fizeram a experiência da graduação ser mais leve e prazerosa, em especial aos da minha turma: Victor Dantas, Amanda Coutinho, Igor Brasil, Jonathans Nunes, Marcelo Nunes, Gabriela Meneses e Michell Lima.

A minha namorada, por todo amor, ajuda e suporte oferecidos, fazendo a rotina da graduação ser menos pesada e mais colorida.

E em especial aos meus pais, por toda a minha criação baseada em valores que acima de tudo presa pelo respeito ao próximo.

A minha família.

RESUMO

A eletrônica embarcada já é uma realidade nos maquinários agrícolas, com essa tecnologia é possível obter produtividades cada vez maiores e fazer uma melhor gestão dos insumos utilizados na agricultura, principalmente através da Agricultura de precisão. Esta revisão bibliográfica tem por objetivo descrever conceitos que fazem parte da Agricultura 4.0 e como são aplicados para que funcionem de forma correta no campo, possibilitando que o leitor possa se atualizar de assuntos que são de fundamental importância para o desenvolvimento tecnológico dos produtores rurais. Buscar entendimento sobre o que a agricultura mundial tem feito para que exista uma padronização entre os equipamentos eletrônicos dos maquinários agrícolas, reafirma a importância do tema, então, uma breve explicação sobre a ISO 11783 foi completamente cabível. O fato é que o Brasil é uma grande potência agrônoma mundial, contudo se aplicado mais investimentos em tecnologia e capacitação profissional, o cenário pode ser ainda mais promissor.

Palavras-chave: Eletrônica embarcada; Agricultura 4.0; Agricultura de precisão.

ABSTRACT

Embedded electronics are already a reality in agricultural machinery, with this technology it is possible to obtain increasing productivity and better management of inputs used in agriculture, especially through precision agriculture. This bibliographic review aims to describe concepts that are part of Agriculture 4.0 and how they are applied so that they work properly in the field, enabling the reader to update on issues that are of fundamental importance to the technological development of farmers. Seeking understanding of what world agriculture has done to make standardization among electronic equipment for agricultural machinery corrects the importance of the subject, so a brief explanation of ISO 11783 was completely appropriate. The fact is that Brazil is a major world agronomic power, but if more investments in technology and professional training are applied, the scenario may be even more promising.

Keywords: Embedded electronics; Agriculture 4.0; precision agriculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pulverizador autopropelido	19
Figura 2 – Sistemas de distribuição de fertilizantes em semeadoras de plantio direto.	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – (Área, produção e rendimento médio – Confronto das estimativas de março de 2008).....	13
Tabela 2 – Área, produção e rendimento médio – Confronto das estimativas de março de 2018	13
Tabela 3 – Partes da norma ISO 11783.....	17

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GCEA	Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
GPS	Sistema de Posicionamento Global
DGPS	Sistema de Posicionamento Global Diferencial
AP	Agricultura de Precisão
ISO	Organização Internacional de Normalização

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Sistemas e eletrônica embarcada	14
2.2 Sensores	14
2.3 Sistema de Posicionamento Global (GPS)	14
2.4 Agricultura de precisão (AP)	15
2.5 AP em Sensoriamento Remoto	16
2.6 Necessidade de Padronização.....	16
3 MATERIAIS E MÉTODOS	18
4 RESULTADOS	18
4.1 AP em Pulverização.....	18
4.2 Pulverizadores Autopropelidos.....	19
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento populacional surgiu a necessidade de produzir mais alimentos. Tendências globais apontam que em algumas décadas os principais desafios enfrentados pela humanidade serão por necessidades básicas, como água, alimento, energias limpas e sustentabilidade. Logo, existe uma pressão para que a agricultura mundial encontre equilíbrio e sustentabilidade, oferecendo a maior produtividade possível e minimizando os índices de degradação das áreas cultivadas (MASSRUHÁ *et al.*, 2014).

A tecnologia tem sido desenvolvida juntamente às necessidades humanas, proporcionando melhor qualidade de vida e dando acessibilidade a processos complexos de forma dinâmica e menos onerosa. O cenário agrícola não é diferente, pois é possível enxergar evolução e melhorias nos trabalhos do campo graças aos avanços tecnológicos, o que implica diretamente na redução da utilização de insumos agrícolas no uso da terra de forma eficiente, reduzindo significativamente os danos ambientais resultados da exploração agrícola (MASSRUHÁ *et al.*, 2014).

Em 2011, durante a feira de Hannover, foi dada a largada para um acontecimento que as nações estão reconhecendo como sendo a quarta revolução industrial, que é a aplicação de várias tecnologias de forma integrada dando maior autonomia para as indústrias e aperfeiçoando cada vez mais os processos produtivos. Dentre essas tecnologias aplicadas, estão veículos autônomos, impressoras 3D, robôs avançados, inteligência artificial, Big Data, nanomateriais e nanosensores (KAGERMANN *et al.*, 2013; HERMANN *et al.*, 2016; SCHWAB, 2016).

Assim como o modelo Industrial 4.0, a agricultura mundial também está seguindo o mesmo conceito produtivo, utilizando o que existe de mais requintado em tecnologia de forma integrada para conseguir melhores resultados e utilizando menor quantidade de insumos e recursos naturais possíveis, esse movimento é chamado de Agricultura 4.0 (TESSARINI e SALTORATO, 2018).

O objetivo dessa revisão bibliográfica é mostrar algumas dessas tecnologias que estão melhorando os resultados dos trabalhos do campo, a fim de tornar mais fácil a compreensão do funcionamento e como implicam positivamente nos resultados produtivos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A produtividade no meio agrícola pode ser explicada como a relação entre a quantidade produzida, por unidade de área, mensurada em kg/ha. Ela é um dos principais índices para se levar em consideração se houve ou não melhorias nos aspectos produtivos de um setor.

As tabelas a seguir foram adaptadas a partir dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Nelas pode-se notar a diferença de produtividade do setor agrícola do Brasil entre o mês de março de 2008 (Tabela 1) e o mês de março de 2018 (Tabela 2), sendo assim um bom exemplo para enxergar a evolução no quadro produtivo da agricultura nos últimos anos.

Tabela 1 – (Área, produção e rendimento médio – Confronto das estimativas de março de 2008)

Produtos agrícolas	Área (ha)	Produção (t)	Rendimento médio (kg/ha)
Algodão Herbáceo (em caroço)	1.091.427	3.817.597	3.498
Soja (Em grão)	21.113.717	59.944.144	2.839
Café (Em grão)	2.247.084	2.654.770	1.181
Cana de açúcar	7.211.080	556.781.753	77.212

Fonte: Adaptado de Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias - GCEA/IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, mar/2008.

Tabela 2 – Área, produção e rendimento médio – Confronto das estimativas de março de 2018

Produtos agrícolas	Área (ha)	Produção (t)	Rendimento médio (kg/ha)
Algodão Herbáceo (em caroço)	1.103.432	4.427.467	4.012
Soja (Em grão)	34.773.225	114.525.973	3.294
Café (Em grão)	1.942.910	3.178.539	1.636
Cana de açúcar	9.082.388	675.464.321	74.371

Fonte: Adaptado de Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias - GCEA/IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, mar/2018.

2.1 Sistemas e eletrônica embarcada

Os sistemas embarcados fazem parte do cotidiano de praticamente qualquer pessoa. Basta observar, eles estão em quase todos os lugares e suas utilidades ajudam o desenvolvimento tecnológico de todas as áreas de conhecimento. Segundo Cunha (2007), um sistema é classificado como embarcado quando este é dedicado a uma única tarefa e interage de forma contínua com o ambiente ao seu redor através de atuadores e sensores.

No Brasil, até 1980 as operações agrícolas eram praticamente todas mecânicas não havendo utilização de eletrônica ou automação, com máquinas que faziam poucas operações e de alto custo para os agricultores. A partir de 1980 essas novas tecnologias começaram a chegar no país, mas ainda de forma sutil, pois tratava-se de equipamentos extremamente onerosos. No decorrer da década de 1990, houve a explosão do uso da eletrônica na agricultura, melhorando assim a produtividade e aumentando a precisão dos maquinários agrícolas (BALASTREIRE, 2000).

2.2 Sensores

Sensores são instrumentos que quando expostos a um estímulo físico/químico respondem de maneira precisa e determinável. Eles são aptos a mensurar alguma característica de um alvo de interesse, usualmente de maneira indireta. Então, pode-se dizer que o termo “sensor” se refere ao instrumento que verdadeiramente mede ou estima determinada singularidade do alvo (MOLIN *et al.*, 2015).

Em 1966 a empresa americana Dickey-john foi pioneira nessa temática, desenvolvendo para o monitoramento do campo um conjunto de sensores eletrônicos que permitiram um melhor desempenho no cultivo. Inseridos nas semeadoras a ar e plantadeiras mecânicas, o sensor monitorava o número e espaçamento de sementes que eram plantadas (REID, 2011).

2.3 Sistema de Posicionamento Global (GPS)

O Sistema de Posicionamento Global ou GPS (Global Positioning System), é originário do Departamento de Defesa dos Estados Unidos e é obtido com tradução de dados gerados simultaneamente por um conjunto de satélites que orbitam a Terra e geram sinais ininterruptos que permitem identificar de forma precisa posições em qualquer lugar do

mundo. O GPS diferencial (DGPS), como é chamada uma das técnicas utilizadas nessa tecnologia, pode proporcionar precisões em medidas menores que 1 metro, gerando uma ampla rede de aplicações, como na topografia (PEROSA 2000).

A utilização do DGPS na agricultura permite a mensuração precisa das áreas produtivas e proporcionando uma melhoria no controle de pulverização, tudo feito por computadores de bordo, que torna possível o mapeamento da área e dos focos de infestações de pragas (ANTUNIASSI, 2007).

2.4 Agricultura de precisão (AP)

A agricultura de precisão é uma referência quando se trata de trabalhos sendo gerenciados de forma inteligente no campo e pode ser muito bem abordada para mostrar os benefícios que o uso de aparatos tecnológicos pode trazer nas produções agrícolas. A agricultura de precisão é baseada na manutenção localizada de sistemas agrícolas, fazendo utilização dos recursos como mapeamento dos elementos de produção, ferramentas de ajuda a decisão e aplicação direcionada de insumos (ANTUNIASSI, 1999). Segundo Molin et al. (2015), o principal objetivo dos agricultores é obter altas produtividades com o menor custo possível de produção, focando preferencialmente mais retorno econômico da atividade agrícola.

Uma grande vantagem da agricultura de precisão é a possível redução da quantidade de corretivos de solo que serão utilizadas, já que comumente as aplicações de corretivos eram feitas de maneira uniforme baseado em um cálculo médio da necessidade do solo (CAPELLI, 1999). As consequências da execução da agricultura de precisão nas fazendas variam decorrente a tecnologia utilizada. Em alguns casos, foi possível diminuir em torno de 10% o custo dos fertilizantes (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2019).

A agricultura de precisão se inicia na combinação da variabilidade espacial das terras agrícolas, o que representa um novo desafio para esse início de século. Porém, define-se que ela tem muitos tipos de abordagem e pode ser executada com diferentes maneiras de complexidade. No Brasil, a utilização é em sua grande maioria na gestão da adubação das lavouras com base nos resultados das amostragens georreferenciadas de solo e aplicação de corretivos e fertilizantes de forma direcionada e em doses variáveis. A aplicação de calcário, gesso, fósforo e potássio em taxas variáveis de acordo com à amostragem de solo em grade tem tido amplo apelo comercial devido, num primeiro momento, disponibiliza possibilidade de economia desses insumos. Grande parte dos pesquisadores julgam que o pontapé inicial

para se começar a praticar AP vem da identificação da variabilidade espacial existente nas lavouras (MOLIN *et al.*, 2015).

2.5 AP em Sensoriamento Remoto

De acordo com Bernardi *et al.* (20140), “o sensoriamento remoto (SR) se caracteriza pela obtenção de informações de um objeto sem existir um contacto físico com o mesmo, e muitas vezes à longas distâncias”. Existem algumas maneiras de se trabalhar através do sensoriamento remoto, dentre elas, pode-se exemplificar: a estimativa da biomassa e produtividade da cultura, o monitoramento de estresse hídrico e do vigor nas plantas (BRANDÃO, 2009).

Dessa forma, o SR representa uma excelente maneira de fazer a redução da utilização de corretivos ou de recursos naturais, pois com a radiometria espectral pode-se também identificar através dos comprimentos de ondas qual o tipo de solo, vegetação ou rocha que está sendo trabalhado. Logo, utilizar esses dados para melhor monitoramento e utilização de maneira inteligente dos insumos. Sabe-se que os resultados da refletância têm sido ligados às características das plantas como a biomassa e o índice da área foliar. Na agricultura, as propriedades do que é refletido em cada faixa do espectro eletromagnético são avaliadas através de combinações matemáticas de bandas espectrais diferentes (ATZBERGER, 2013)

Em plantas daninhas, o comportamento espectral e a arquitetura foliar podem ser diferentes aos das plantas cultivadas. Com essa informação, os sistemas de visão artificial têm sido objeto de estudo para identificar a presença de plantas daninhas e até mesmo identificar as espécies de plantas desse tipo presentes nos pomares para melhorar o controle localizado e a aplicação de herbicida (MOLIN *et al.*, 2015).

2.6 Necessidade de Padronização

Como já citado, a tecnologia é o alicerce da agricultura moderna, e uma das maiores dificuldades é tentar fazer a integração de todos os equipamentos de maneira que fiquem padronizados tecnologicamente e de forma que seja garantida a compatibilidade dos equipamentos, exigindo que os agricultores invistam mais em modernização e capacitação. (BONNEAU, *et al.* 2017).

Pode-se considerar que a eletrônica embarcada já é realidade no mercado de máquinas agrícolas e essa parte da tecnologia não representa mais o maior desafio da AP como há vinte anos. Atualmente pode-se considerar que o mercado já disponibiliza a maioria das ferramentas para o campo e seus desafios agora são incrementais. Tanto as oportunidades de inovação como a complexidade no desenvolvimento de sistemas em máquinas agrícolas avançaram para o campo da TIC (tecnologia da informação e da comunicação), entretanto, o número de empresas nacionais que realmente incorporaram a sua dinâmica ainda é reduzido. Em eletrônica embarcada observam-se esforços por parte de grandes empresas internacionais em busca de compatibilidade e conectividade entre seus produtos. Reuniram-se em associação internacional denominada de AEF - Agricultural Industry Electronics Foundation ([http:// www.aef-online.org/](http://www.aef-online.org/)) com cerca de 150 membros para potencializar o desenvolvimento de padrão de conectividade ISO-11783, também denominado de ISOBUS (INAMASU *et al.*, 2011, p.27).

A ISO (Organização Internacional de Normalização) 11783 ou ISOBUS tem como objetivo protocolar todo tipo de tecnologia embarcada em dispositivos e máquinas agrícolas de forma que todas as conexões sejam padronizadas através de uma rede de controle e comunicação serial de dados. No Brasil o protocolo ISO 11783 foi divulgado no evento Agrishow em Ribeirão Preto – SP, no ano de 2007 (PEREIRA, 2008).

Para melhor visualizar como essas normas funcionam, elas foram divididas em 14 partes conforme a Tabela 3 (GUIMARÃES, 2003).

Tabela 3 – Partes da norma ISO 11783

Parte	Título	Finalidade
1	General Standard	Visão geral sobre o padrão e da aplicação de cada parte
2	Physical Layer	Cabos, conectores, sinais elétricos e características mecânicas e elétricas gerais do barramento
3	Data Link Layer	Implementação do CAN e especificação da estrutura das mensagens
4	Network Layer	Interconexão de sub-redes
5	Network Management Layer	Processo de inicialização e endereçamento de ECU's
6	Virtual terminal	Especificações do terminal de controle e operação
7	Implement Messages Application Layer	Definição de mensagens básicas dos implementos e da máquina
8	Power Train Message	Definição de mensagens automotivas
9	Tractor ECU	Especificações da Tractor ECU
10	Task Controller	Especificação de interfaces para dispositivos e programas computacionais de controle e administração com o barramento
11	Mobile Agricultural Data Dictionary	Definições relativas à norma
12	Diagnostics	Serviço de diagnóstico
13	File server	Servidor de arquivo
14	Sequence Control	Controle Sequencial (das funções automatizadas)

Fonte: Adaptado de SOUSA *et. al* (2007).

Tudo que foi apresentado nesse trabalho gera uma nova perspectiva para a automação agrícola, que definitivamente começa a necessitar o domínio da eletrônica e de suas tecnologias. Então, a eletrônica embarcada passa a ser não apenas um auxílio complementar nos maquinários, mas sim componente essencial que traz novos desafios, sendo o maior deles o da necessidade de padronização (MOLIN, 2016).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As pesquisas desse trabalho foram realizadas na biblioteca da Economia Agrícola no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

4 RESULTADOS

É possível ver a aplicação desses avanços tecnológicos em maquinários agrícolas, como são os casos dos pulverizadores, semeadoras e aplicadores de corretivos no solo.

4.1 AP em Pulverização

Segundo a Brasquímica® (2017) a pulverização agrícola é um método eficiente para tratar pragas e doenças, pois independente do tamanho da lavoura ou da cultivar de interesse esse método se mostra efetivo tanto para prevenir doenças, como também para a eliminação de insetos que possam prejudicar a produtividade do pomar e diminuir a qualidade da produção. O ideal é que seja possível identificar a dosagem ideal de cada químico, tanto para que a dosagem não prejudique a saúde da planta e principalmente para que não exista desperdício de produto por excesso de aplicação, já que na sua grande maioria trata-se de químicos prejudiciais ao meio ambiente e muito onerosos.

Para se fazer a pulverização de forma correta, deve ser levado em consideração alguns fatores, como onde a praga se localiza e qual a parte da planta é atacada. A partir disso é possível decidir qual equipamento de pulverização, tipo de máquina e regulagem será utilizada. Conclui-se que, para uma boa aplicação de defensivos agrícolas, é necessária uma boa tecnologia de aplicação e um produto químico de qualidade ministrado em dosagens corretas, oferecendo o menor risco possível de contaminação (ALONSO, 1998).

Brenha et al. (2014) fala que a ciência que atua na tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários busca alternativas que atendam as necessidades do setor produtivo

havendo uma maior aproximação das dosagens efetivas e barateando os custos dos produtores.

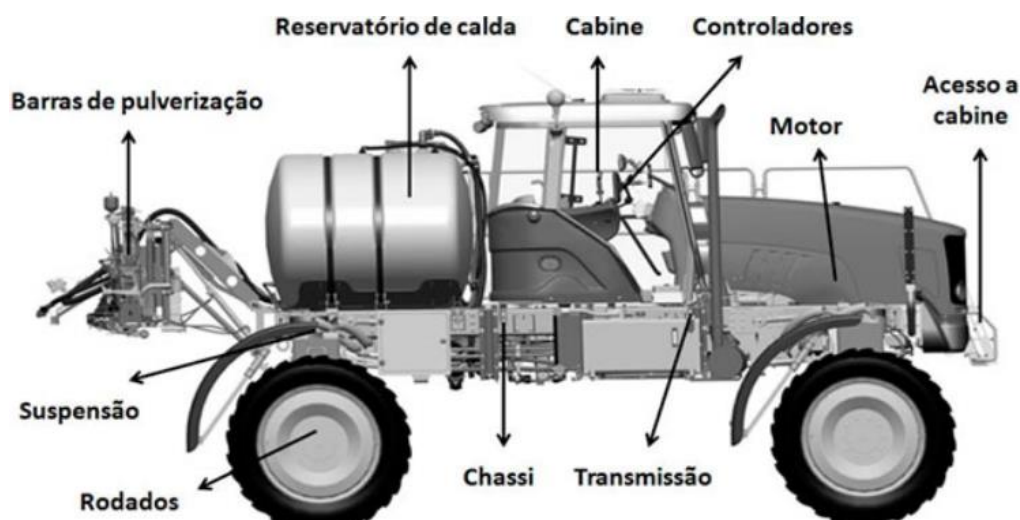
Com as tecnologias que estão sendo desenvolvidas, espera-se o melhor aproveitamento dos produtos químicos utilizados e uma melhor produtividade nas lavouras. Dentre essas novas tecnologias estão, computadores de bordo que controlam a pulverização, GPS, piloto automático, robôs inteligentes e sensores de alvos biológicos. Dentre essas novidades, os resultados estão sendo satisfatórios, pois há redução dos custos de aplicação, fazendo com que os produtores cada vez mais procurem essas alternativas para suas lavouras (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2017).

4.2 Pulverizadores Autopropelidos

Segundo Lobo Júnior (2007), os pulverizadores autopropelidos são máquinas rápidas, com alto desempenho, conseguindo chegar a velocidades operacionais entre 15 e 30 km/h durante as aplicações de agroquímicos. Em ocorrências de circunstâncias favoráveis, estes equipamentos, podem chegar em velocidades operacionais próximas dos 40 km/h.

A cabine do condutor deve ser absolutamente fechada, evitando a possibilidade de contaminação do operador por agroquímicos. As barras de pulverização podem ser instaladas na parte traseira ou na parte frontal dos pulverizadores autopropelidos. As barras de pulverização possuem acionamento hidráulico e chegam a medir entre 15 até 48 metros de comprimento (Figura 1).

Figura 1 – Pulverizador autopropelido



Fonte: Casali (2015). Adaptado de Operação Massey Ferguson 9030

Um pulverizador autopropelido de barras pulverizando o volume de 100 litros em uma lavoura de soja, apresenta uma média de 350 hectares/dia em 10 horas de trabalho, em condições normais de operação (SANTOS, 2015).

No Estado do Mato Grosso, graças a modalidade “piloto automático” do implemento, foi possível chegar a velocidades médias de 35 km/h nas grandes lavouras de soja e algodão (BRENHA et al., 2014).

Quando comparados em mesmas situações de campo, os pulverizadores autopropelidos se mostraram quase duas vezes mais rápidos que os pulverizadores tratorizados. Foi constatado também que a aplicação dele é superior em precisão em relação aos pulverizadores aéreos e tratorizados (JOBIM, 2017).

4.3 AP em Semeadoras e adubadoras

Agricultura de precisão em semeadoras tem esse nome devido a maneira como é feita a distribuição de sementes na superfície da terra. O mecanismo dosador é capaz de captar uma ou mais sementes e transferi-las para o mecanismo de deposição, conseguindo assim uma distribuição uniforme de dispersão das sementes no solo numa profundidade homogênea (SILVEIRA, 2001).

Uma semeadora-adubadora de precisão é composta por chassi ou barra porta-ferramenta, sistema de engate e acoplamento ao trator, sistema de transporte, reservatórios para sementes e fertilizante, sistema de acionamento e transmissão, sistemas de dosagem e distribuição de sementes e fertilizante, unidades de semeadura, marcadores de linha e estribos. As unidades de semeadura são constituídas por unidade de corte da vegetação, abridores de sulco para fertilizante, abridores de sulco para sementes, sistema de controle de profundidade de sulcos para sementes, sistema de aterramento do sulco e sistema de compactação do solo sobre as sementes.

Uma semeadora-adubadora de plantio direto deve: (SIQUEIRA, 2008 apud SIQUEIRA; CASÃO JÚNIOR, 2004).

- a) Cortar a palha;
- b) Abrir sulco com pequena remoção de solo e palhas;
- c) Dosar fertilizante e sementes;
- d) Depositar fertilizante e sementes em profundidades adequadas;

- e) Cobrir sementes com solo e palha;
- f) Compactar solo lateralmente à semente.

Fazer a utilização de uma técnica de manejo como é o caso de o plantio direto ser integrado a agricultura de precisão é mostrar como o uso da tecnologia pode ser versátil e cada vez mais necessária na agricultura mundial (Figura 2).

Figura 2 – Sistemas de distribuição de fertilizantes em semeadoras de plantio direto.



Fonte: Grupo Cultivar Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/sistemas-de-distribuicao-de-fertilizantes-em-semeadoras>. Acesso em 22 de Novembro 2019.

Já os dosadores de fertilizantes devem capturar os insumos, desestruturá-los, conduzi-los em doses desejadas e liberá-los nos tubos de descarga. “Aletas rotativas ou rotores dentados conduzem o adubo a uma comporta com abertura variável, liberando-o ao tubo de descarga” (SIQUEIRA, 2008 apud SIQUEIRA; CASÃO JÚNIOR, 2006).

Entre as técnicas para a aplicação em taxa variável, está aquela baseada na recomendação de um insumo em função da variabilidade espacial da oferta ambiental (MOLIN *et al.*, 2006).

Logo, com a aplicação de algumas tecnologias é possível obter mapas gerados a partir de amostragem de solo que são caracterizados por distinguirem a variabilidade espacial dos atributos do solo. Com a utilização de georreferenciamento, essas amostras são analisadas em laboratório para determinar as informações de cada amostra como, a quantidade de potássio, fósforo e saturação de bases. Com isso, é feito um mapa referencial para aplicação de corretivos referente a esses elementos químicos. Com essas ferramentas é possível fazer uso dessas tecnologias de aplicação a taxa variada (RESENDE, 2010).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com essa revisão bibliográfica, torna-se mais fácil a familiarização do leitor com as tecnologias que estão sendo aplicadas no setor agrícola mundial, com foco na agricultura brasileira. Além disso, ficam mais claras as vantagens de se ter uma agricultura mais tecnificada no país, pois além dos grandes ganhos de produtividade, também é possível ver uma excelente alternativa para as questões ambientais, já que a partir de aplicações mais precisas, os danos a natureza se tornam cada vez menores.

É importante ressaltar que a aplicação da ISO 11783 vem para tornar em uma só a linguagem utilizada em tecnologia embarcada na agricultura, sendo possível a conexão de todos os dispositivos e para que eles trabalhem de forma integrada, garantindo resultados cada vez mais assertivos e de fácil compreensão por parte dos operadores.

Uma preocupação nacional ainda é o investimento em pesquisa para essa temática, devido a todas as dificuldades educacionais do Brasil, além de cada vez menos incentivo aos pesquisadores, o que torna a evolução lenta e cria uma barreira para a entrada de novas tecnologias no campo que poderiam transformar o Brasil numa potência agrônômica ainda maior. Pode-se ressaltar ainda a falta de preparação por parte das universidades em formar profissionais que tenham noção de eletrônica, pois geralmente esse tipo de conteúdo só é abordado em especializações ou em disciplinas de pós-graduação, o que acaba diretamente inserindo no mercado profissionais com pouco conhecimento nessa área.

REFERÊNCIAS

- ADAMCHUCK, Viacheslav I.; ROSSEL, Raphael Viscarra; SUDDUTH Kenneth A.; LAMMERS, Peter Schulze. **Sensor Fusion for Precision Agriculture**. 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/221913009_Sensor_Fusion_for_Precision_Agriculture. Acesso em: 12 nov. 2019.
- ALONÇO, A. dos S. Equipamentos e tecnologia de aplicação de defensivos. In: MEDEIROS, C. A. B.; RASEIRA, M. do C. B. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa - SPI, 1998.
- ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R.; SHARP, T. C. Agricultura de Precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, Uberlândia, 2007. **Anais[...]**. Uberlândia: CNPA, 2007.
- ANTUNIASSI, Ulisses R. **Avaliação de sistemas de injeção de defensivos para utilização em agricultura de precisão**. 1999. 87f. Tese (Livro Docência) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.
- ATZBERGER, C. Advances in remote sensing of agriculture: context description, existing operational monitoring systems and major information needs. **Remote Sensing**, v. 5, n. 2, p. 949-981, 2013.
- BALASTREIRE, L. A; AMARAL, J.A. Concepção e construção de um sistema para o desenvolvimento e a calibração de sensores de fluxo de grãos. In: BALASTREIRE, L.A. **O estado da arte da Agricultura de Precisão no Brasil**. Piracicaba: L.A Balastreire, 2000.
- BERNARDI, Alberto Carlos de Campos et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF : Embrapa, 2014.
- BONNEAU, V.; COPIGNEAUX, B.; PROBST, L.; PEDERSEN, B. **Industry 4.0 in agriculture: Focus on IoT aspects**. Digital Transformation Monitor. European Commission, 2017. Disponível em: https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Agriculture%204.0%20IoT%20v1.pdf. Acesso em: 20 nov. 2019.
- BRANDÃO, Z. N. **Estimativa da produtividade e estado nutricional da cultura do algodão irrigado via técnicas de sensoriamento remoto**. 2009. 152 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.
- BRASQUÍMICA, INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. **Pulverização Agrícola: O que é e como funciona**. Disponível em: <https://www.brasquimica.ind.br>. Acesso em: 15 nov, 2019.
- BRENHA, J. A. M.; SOARES, A. M.; SANTOS, N. C.; CAMPOS, H. B. N.; DECARO JUNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários: demandas, avanços e inovações. In: BUSOLI et al. **Tópicos em entomologia agrícola**. 8.ed. Jaboticabal, SP: Multipress Ltda, 2014.
- CAPELLI, N.L. **Agricultura de precisão - Novas tecnologias para o processo produtivo**. Campinas: LIE/DMAQAG/ FEAGRI/UNICAMP, 1999.

CASALI, André Luis. Caracterização, Avaliação e Classificação dos pulverizadores autopropelidos produzidos no Brasil. 2015. 127 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

CUNHA, Alessandro. “Sistemas Embarcados”. **Revista Saber Eletrônica**, v. 414. Editora: Saber, BRASIL, 2007.

GUIMARÃES, Alexandre de Almeida. **Análise da norma ISO11783 e sua utilização na implementação do barramento do implemento de um monitor de semeadora**. 2003. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. *In*: 2016 49TH HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES (HICSS). **Anais[...]**. Koloa, HI, USA, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>. Acesso em: 15 de novembro de 2019.

INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C.; VAZ, C. M. P.; NAIME, J. M.; QUEIROS, L. R.; RESENDE, A. V.; VILELA, M. de 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.

JOBIM, Lucas dos Santos. **Avaliação de diferentes técnicas de pulverização com base em agricultura de precisão**. 2017. 66 p. Dissertação (Mestre em Agricultura de Precisão) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, Wolfgang.; HELBIG, Johannes. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**. Final Report. Frankfurt: Acatech, 2013.

LOBO JÚNIOR, M. I. **Pulverizador Turbo Atomizador**. 2004. Disponível em: <<http://www.pulverizador.com.br/aplic-terrestre-03.html>>. Acesso em: 22 de novembro de 2019.

MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira; LEITE, Maria Angélica de Andrade; MOURA, Maria Fernanda. Os novos desafios e oportunidades das tecnologias da informação e da comunicação na agricultura (AgroTIC). *In*: **Tecnologias da Informação e Comunicação e suas relações com a agricultura**. Brasília: EMBRAPA, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1010685/os-novos-desafios-e-oportunidades-das-tecnologias-da-informacao-e-da-comunicacao-na-agricultura-agrotic>. Acesso em: 15 nov. 2019.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Agricultura de precisão é mais rentável e reduz a necessidade do uso de insumos**, 2019. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/agricultura-de-precisao-e-mais-rentavel-e-diminui-necessidade-do-uso-insumos> >. Acesso em: 15 nov. 2019.

MOLIN, José P.; MASCARIN, Leonardo S.; VIEIRA JUNIOR, Pedro A. **Avaliação de intervenções em unidades de aplicação localizada de fertilizantes e de populações de milho**. Engenharia Agrícola, v.26, n.2, p.528-536, 2006.

MOLIN, José Paulo; AMARAL, José Paulo; COLAÇO, André Freitas. **Agricultura de precisão**. 1. ed. São Paulo : Oficina de Textos, 2015.

PEREIRA, Robson Rogério Dutra. **Protocolo IS O 11783**: Procedimentos para comunicação serial de dados com o Controlador de Tarefas. 2008. 188 páginas. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

PEROSA, Gleyson Cortez. **A Eletrônica na Agricultura**. 2000. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade de Marília, Marília, SP, 2000.

REID, John Franklin. The Impact of Mechanization on Agriculture. **Journal The Bridge**, v. 41, n. 3, 2011.

SANTOS, José Maria F. Pesquisa Científica do Instituto Biológico, São Paulo-SP. Aplicação aérea e terrestre: vantagens e limitações comparativas. *In*: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2015. **Anais** [...]. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/81683.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2019.

SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution**. Genebra: World Economic Forum, 2016.

SILVEIRA, Gastão Moraes da. **Máquinas para plantio e condução das culturas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001.

SIQUEIRA, Rubens. **Milho**: semeadoras -adubadoras para sistema plantio direto com qualidade. Governo do Paraná: Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, 2008. Disponível em: <http://www2.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Molin/leb432/Semeadoras/semeadora-adubadora%20para%20sistema%20de%20plantio%20direto%20com%20qualidade.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.

TESSARINI, Geraldo; SALTORATO, Patrícia. Impactos da indústria 4.0 na organização do trabalho: Uma revisão sistemática da literatura. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 2, 2018.