

ANDERSON RAVANNY DE ANDRADE GOMES

**AVALIAÇÃO DE SENSORES ÓPTICOS PARA MONITORAMENTO DA
OPERAÇÃO DE SEMEADURA EM MILHO E SOJA**

Botucatu

2018

ANDERSON RAVANNY DE ANDRADE GOMES

**AVALIAÇÃO DE SENSORES ÓPTICOS PARA MONITORAMENTO DA
OPERAÇÃO DE SEMEADURA EM MILHO E SOJA**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Energia na Agricultura).

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Arbex Silva

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

G633a Gomes, Anderson Ravanny de Andrade, 1989-
Avaliação de sensores ópticos para monitoramento da
operação de semeadura em milho e soja / Anderson Ravanny
de Andrade Gomes. - Botucatu: [s.n.], 2018

82 p.: fots. color., ils., grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018
Orientador: Paulo Roberto Arbex Silva
Inclui bibliografia

1. Milho - Semeadura. 2. Soja - Semeadura. 3. Semeadeira (Implemento agrícola). 4. Mecanização agrícola. 5. Agricultura de precisão. I. Silva, Paulo Roberto Arbex. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "AVALIAÇÃO DE SENSORES ÓPTICOS PARA MONITORAMENTO DA
OPERAÇÃO DE SEMEADURA EM SOJA E MILHO."**

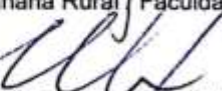
AUTOR: ANDERSON RAVANNY DE ANDRADE GOMES

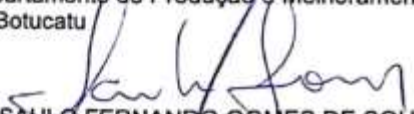
ORIENTADOR: PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA
(ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA
Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP


Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNIAS
Depto de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP


Prof. Dr. JULIANO CARLOS CALONEGO
Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP - Câmpus de Botucatu


Dr. SAULO FERNANDO GOMES DE SOUSA
/ Botucatu/SP


Prof. Dr. JOSÉ ANTONIO-BRESSIANI
/ GRAMBIO - Campinas/SP

Botucatu, 09 de março de 2018.

Aos meus pais José Roberto Lima Gomes e Alenice de Andrade Gomes e ao
meu irmão Alysson Rafael, por todo apoio durante essa jornada.
Ao meu padrinho e tio (*in memoriam*) Geraldo Cristóvão dos Santos, que quando
em vida, sempre me admirou e acreditou no meu potencial.

Dedico

Saber muito não lhe torna inteligente. A inteligência se traduz na forma que você recolhe, julga, maneja e, sobretudo, onde e como aplicar esta informação.

Carl Sagan.

AGRADECIMENTOS

A Deus que em seu imenso amor me deu condições de buscar e alcançar meus objetivos, e por guiar meus passos pelos melhores caminhos.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e a Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu pela oportunidade de estudo e realização da pós-graduação.

Aos meus avós José Pereira de Andrade e Maria do Carmo de Andrade, pelo apoio e palavras de conforto nos momentos de saudades.

A toda minha família Andrade e Gomes, pelo apoio e torcida para que eu realizasse esse sonho.

Ao meu orientador do mestrado, Professor Sérgio Hugo Benez e ao meu orientador do doutorado Professor Doutor Paulo Roberto Arbex Silva, que sempre estiveram à disposição ajudando no que foi possível e por serem exemplos de humildade e dedicação em tudo que fazem.

Aos Doutores José Antônio Bressiani, Ulisses Antuniassi, Juliano Carlos Calonego, Tiago Pereira da Silva Correia e Saulo Fernando Gomes de Sousa, pelos ensinamentos e contribuição para o enriquecimento do meu trabalho.

Ao professor José Raimundo de Souza Passos, pelo apoio e ajuda com meu trabalho.

Ao amigo Diego de Lira Eira, pelo grande auxílio durante essa pesquisa.

Aos meus amigos do Grupo de Plantio Direto, Lia Kato, Jéssica Fernanda, Laís Consoline, Samantha Almeida, Sidnei Lauriano e Vinicius Paludo.

A empresa Alamo e Auteq, por conceder todos os equipamentos necessários para a realização do experimento.

A Renilson Cavalcante, Rafael Lima, Marcela Moura, Raissa Salgueiro, Augusto Fontes, Mauricio Farina, Thiago Ferreira, Magnun Penariol, Renato Guedes, Lucas Holanda, Givaldo Neto, Thalysson Medeiros e David Vitor pelo apoio e incentivos sempre que a dificuldade era evidente.

A CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

RESUMO

Entre muitas tecnologias utilizadas para obter uniformidade na distribuição de sementes, a utilização de sensores com leitores ópticos é uma opção. O uso dessa tecnologia facilita estabelecer corretamente a deposição de sementes no solo, minimizando os prejuízos durante o estabelecimento da lavoura. Esse trabalho teve como objetivo avaliar dois tipos de sensores para monitores de semeadura (com fio e sem fio), por meio da distribuição de sementes de duas culturas (milho e soja) utilizando dois tipos de semeadoras, com mecanismo dosador de discos horizontal e pneumático, a fim de identificar a eficiência de cada tipo de sensor, os quais foram utilizados em cinco diferentes velocidades de deslocamento. O ensaio foi conduzido em 2017, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu – SP. O delineamento experimental foi em blocos, em um fatorial 2x2x5. As sementes foram coletadas em embalagens plásticas, fixadas na saída do tudo condutor de sementes da semeadora. Após a coleta, as sementes foram contadas através de um contador digital, para avaliar a eficiência dos sensores de semeadura, sendo a quantidade de sementes registradas pelo monitor, comparada com os dados reais. O sensor com fio apresentou melhores resultados de precisão quando foi utilizado sementes de milho. Já o sensor sem fio obteve acurácia superior quando se trabalhou com as sementes de soja. Quanto maior a velocidade de deslocamento, menor será o índice de precisão de leitura para ambos os sensores. Ao utilizar a semeadora com mecanismo dosador pneumático, é possível trabalhar em velocidades mais elevadas, obtendo bons índices de precisão dos sensores.

Palavras-chave: Plantabilidade. Monitor de semeadura. Semeadora. Tecnologia na semeadura.

ABSTRACT

Between many technologies used to achieve uniformity in seed distribution, the use of sensors with optical readers is an option. The use of that technology facilitates to set up the correct plantability, minimizing the losses of the businessmen. This fieldwork aimed to evaluate two types of sensors by sowing monitors (wired and wireless), by seed distribution of the corn and soybean using two types of seeders machines, with metering mechanism horizontal discs seeds and pneumatic to identify the efficiency of each type of sensor which were used under five different displacement speeds. This fieldwork aimed to evaluate two types of sensors by sowing monitors (wired and wireless), by means of the distribution of seeds of two crops (corn and soybean) using two types of seeders, with metering mechanism horizontal plate and pneumatic, with the objective of identifying the efficiency of each type of sensor, which were used at five different displacement speeds. The test was conducted in may 2017 at the Lageado Experimental Farm, belongs to Faculty of Agronomic Sciences – UNESP located in Botucatu – SP. The experimental design was in a factorial 2x2x5. The seeds were collected in plastic bags attached to the seeder seed tube. After the collect, the seeds were counted through a digital counter, to evaluate the efficiency of sowing sensors, being that data compared with the actual data. The wired sensor got better precision indices when corn seeds were used. The wireless sensor got better precision indices when soybean seeds were used. The higher the travel speed displacement speed, less will be the reading accuracy index for both sensors. When was use the pneumatic metering mechanism, it is possible to work to using higher speeds, getting better precision indices of the optical sensors.

KEYWORDS: Plantability. Sowing monitor. Seeder. Planting technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de funcionamento de um sensor de leitura óptica.....	37
Figura 2 - Esquema de funcionamento do sensor óptico por retrorreflexão.	39
Figura 3 - Esquema de funcionamento do sensor óptico por reflexão difusa.	39
Figura 4 - Esquema de funcionamento do sensor óptico por transmissão.	40
Figura 5 - Semeadora com mecanismo de distribuição de sementes pneumática....	44
Figura 6 - Semeadora com mecanismo de distribuição de sementes de disco horizontais.	45
Figura 7 - Dosador de sementes Tittanium.	45
Figura 8 - Sensor com fio instalado no tubo condutor de sementes.....	46
Figura 9 - Sensor sem fio instalado no tubo condutor de sementes.....	47
Figura 10 - Embalagem para coleta de sementes.....	49
Figura 11 - Embalagens plásticas identificadas e separadas, após a coleta de sementes.....	50
Figura 12 - Contador de sementes utilizado para validação do experimento.	51
Figura 13 - Acurácia dos sensores ópticos de semeadura (com fio e sem fio), referente a testes com sementes de milho, utilizando semeadora com mecanismo de distribuição de sementes a pneumático e horizontal.	57
Figura 14 - Acurácia dos sensores ópticos de semeadura (com fio e sem fio), referente a testes com sementes de soja, utilizando semeadora com mecanismo de distribuição de sementes a pneumático e horizontal.	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de variância entre as médias referente a semeadoras, sensores de leitura óptica e velocidades.	53
Tabela 2 - Análise de variância entre as médias referente aos sensores de leitura óptica com fio e sem fio.....	54
Tabela 3 - Análise de variância entre as médias referente às diferentes velocidades de deslocamento.	55
Tabela 4 - Análise de variância entre as médias referente às semeadoras, velocidades e sensores de leitura óptica.....	58
Tabela 5 - Análise de variância entre as médias referente aos dois tipos de semeadoras.....	59
Tabela 6 - Análise de variância entre as médias referente às cinco diferentes velocidades de deslocamento.	60
Tabela 7 - Análise de variância entre as médias referente às semeadoras e os sensores de leitura óptica com fio e sem fio.....	61
Tabela 8 - Análise de variância entre as médias referente às semeadoras e as cinco diferentes velocidades de deslocamento.....	62
Tabela 9 - Análise de variância entre as médias referente aos sensores de leitura óptica e as cinco diferentes velocidades de deslocamento.	64

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação	Página
Equação 1 – Acurácia dos sensores ópticos de semeadura.....	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	REVISÃO DE LITERATURA	25
2.1	Semeadoras-adubadoras	25
2.2	Plantabilidade em grandes culturas	27
2.1.1	Semeadura de milho	30
2.1.2	Semeadura de soja	31
2.3	Sensores	34
2.4	Sensores ópticos	37
2.4.1	Sensor óptico por retrorreflexão	38
2.4.2	Sensor óptico por reflexão difusa	39
2.4.3	Sensor óptico por transmissão	39
2.5	Investimento em sensores ópticos de semeadura	41
3	MATERIAL E MÉTODOS	44
3.1	Campo experimental	44
3.2	Máquinas e implementos	44
3.3	Monitor de semeadura e sensores	46
3.6	Delineamento experimental	47
3.7	Sementes	48
3.8	Coleta das sementes	49
3.9	Contagem de sementes	50
3.10	Acurácia dos sensores ópticos de semeadura	51
3.13	Análise estatística	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5	CONCLUSÃO	68
	REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

O sucesso na implantação e desenvolvimento de uma lavoura somente é obtido quando a operação de semeadura é conduzida de forma adequada, levando em consideração aspectos que vão desde o preparo do solo à regulação das máquinas semeadoras-adubadoras, proporcionando uma população de plantas uniforme no momento da deposição das sementes.

As semeadoras-adubadoras tem como função realizar a sulcação, dosar e depositar as sementes no sulco de semeadura, cobrindo-as e compactando-as em seguida. Para que ocorra adequadamente a deposição de sementes no solo, é importante realizar as regulagens básicas nas semeadoras, evitando erros no momento da operação de semeadura.

A uniformidade de espaçamento entre as sementes dosadas ao longo da linha de semeadura influencia diretamente a produtividade da cultura. Porém, a escolha do tipo da máquina semeadora a ser utilizada não deve influenciar na qualidade da distribuição das sementes, pois desde que bem reguladas as semeadoras com mecanismos dosadores diferentes, pneumática e de disco horizontal, permitem a deposição de sementes com precisão, colocando-as espaçadas umas das outras, dentro da linha de semeadura de forma uniforme, ou seja, a variação no número e posicionamento entre elas é pequena.

O mecanismo dosador da semeadora-adubadora, tem a função de conduzir as sementes armazenadas no reservatório, diretamente para o tubo condutor de sementes, de acordo com a população definida na regulação. Para cada tipo de mecanismo dosador existe uma faixa de velocidade de trabalho ideal, pois a velocidade na operação de semeadura pode interferir na qualidade da distribuição longitudinal de sementes, ou seja, o aumento da velocidade de descolamento no momento da semeadura pode influenciar negativamente na qualidade do estande inicial de sementes.

A desuniformidade na distribuição de semente seja ela, em maior ou menor quantidade, pode proporcionar redução da produtividade na área de cultivo. Por isso, obter um arranjo espacial que proporcione estande de plantas adequado, possibilitando desenvolvimento ideal e melhor aproveitamento de luz água e nutrientes, é primordial. Sendo assim, o monitoramento das operações de

semeadura em áreas produtivas através do uso de tecnologias, que auxiliam o produtor a quantificar em tempo real o fluxo de sementes e as condições de funcionamento nas linhas de distribuição das semeadoras-adubadoras, apresenta-se como alternativa para a realização de uma operação adequada, ou seja, com o mínimo de falhas possíveis.

O uso de sensores ópticos tornou-se tendência nas operações de semeaduras no campo, facilitando o monitoramento da deposição de sementes e o estabelecimento do estande ideal de plantas. Os sensores ópticos de semeadura são compostos por paredes de LED's, com emissor e outro receptor de informações, fazendo a detecção das sementes e transmitindo essas informações em tempo real, para os monitores de semeadura instalados na cabine dos tratores.

Apesar de os sensores ópticos apresentarem vantagens no monitoramento da operação de semeadura, o investimento inicial pode ser uma barreira para o produtor no momento da aquisição do equipamento, sendo necessário avaliar condições de trabalho e manutenção dos equipamentos, a fim de comparar qual tipo de tecnologia irá apresentar o retorno financeiro ideal no final do ciclo de produção.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar sensores ópticos de semeadura com e sem fio, no monitoramento da distribuição longitudinal de sementes de milho e soja, utilizando semeadoras de precisão com diferentes velocidades e mecanismos dosadores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Semeadoras-adubadoras

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1994) classifica as semeadoras de acordo com a forma de distribuição das sementes, podendo ser de precisão, responsável pela semeadura de sementes uma a uma, graúdas ou agrupadas, obedecendo à densidade de deposição estabelecida. Contudo, as semeadoras de fluxo contínuo distribuem as sementes no solo de forma contínua, essencialmente sementes miúdas que requerem menores espaçamentos entre elas, conforme define a ABNT (1987).

As semeadoras são utilizadas também para realizar a adubação no momento da semeadura, sendo assim classificadas como semeadoras-adubadoras. Na operação de semeadura, essas máquinas são responsáveis pela dosagem e distribuição das sementes e adubo no sulco de semeadura, dando condição para o estabelecimento adequado da lavoura no campo (COOPETTI, 2004). Murray et al. (2006) afirmam que as máquinas destinadas para a operação de semeadura e adubação são compostas por: disco de corte de palha, discos duplos responsáveis pela abertura do sulco de deposição de sementes e adubos, haste sulcadora utilizada em condições de solo compactado, mecanismos dosadores de sementes (disco horizontal ou pneumático), tubos condutores de sementes, rodas limitadoras de profundidade de semeadura e rodas compactadoras.

Siqueira (2007) menciona outros componentes importantes da semeadora-adubadora como: chassi, 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.

De acordo com Mialhe (2012) as semeadoras-adubadoras de precisão mais utilizadas no Brasil são as que apresentam mecanismos dosadores a vácuo e de discos horizontais, que, dependendo do sistema dosador de sementes e a velocidade de operação na semeadura, influencia o espaçamento em que as sementes irão ser depositadas no solo, podendo causar desuniformidade na distribuição das mesmas.

O mesmo autor especifica ainda que, as semeadoras com mecanismos dosadores a vácuo e de disco horizontal, tem um limite ideal de velocidade de deslocamento que não deve ser ultrapassado, podendo chegar à faixa de trabalho de até 8 km h^{-1} e 6 km h^{-1} , respectivamente para cada tipo de semeadora, a fim de reduzir ao máximo as falhas no momento da deposição de sementes no solo.

Em levantamento realizado no Brasil, foi constatado que os mecanismos dosadores mais utilizados são: os de discos horizontais, representando 79,57% do total das máquinas, já as semeadoras pneumáticas, representam 20,43% sendo a segunda mais utilizada, esses dados compreenderam informações de semeadoras equipadas com número de linhas entre 1 a 30 (FRANCETTO et al., 2015).

Estudos realizados com semeadoras-adubadoras de precisão classificaram os mecanismos dosadores de sementes em três tipos: disco horizontal perfurado, dedos prensos e pneumáticos. Os dosadores de precisão constituídos por discos horizontais possuem geralmente a forma de discos alveolados, fixados horizontalmente no fundo do reservatório de sementes. Os pneumáticos são discos acoplados na vertical e que utilizam a pressão do ar como princípio de captação das sementes por diferencial de pressão, fazendo com que as sementes sejam fixadas no disco através do ar (MOLIN; CHANG, 1992).

De acordo com Furlani et al. (2008), existem vários modelos de mecanismos dosadores de sementes, acionados pela roda motriz da semeadora-adubadora. A eficiência da distribuição das sementes acionadas pelos rodados encontra-se diretamente ligada com as propriedades físicas e condições do solo, a carga vertical e a inflação dos pneus. Estes fatores determinam o índice de deslizamento dos rodados, que são diferentes em solo de preparo convencional e em sistema de semeadura direta.

A eficiência do mecanismo dosador está ligada não só ao deslizamento dos rodados, mas também à velocidade de operação do conjunto trator-semeadora (REIS; BISOGNIN, 2007). Garcia et al. (2011) avaliaram a influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora e concluindo que o aumento da velocidade de deslocamento causou aumento da velocidade periférica do disco dosador de sementes, ocasionando o decréscimo de sementes distribuída por metro e sementes exposta no solo.

Jasper et al. (2011) compararam os mecanismos dosadores de semeadoras de disco horizontal e pneumáticas, observando que o mecanismo dosador pneumático

apresentou melhores resultados quando houve o incremento de velocidade, em comparação com o dosador de disco horizontal. A utilização de velocidades de deslocamento maiores ocasionaram o aumento de espaçamentos múltiplos e redução dos aceitáveis.

Desde que bem reguladas e seguindo as recomendações agronômicas, as máquinas agrícolas podem proporcionar melhor eficiência nas operações de semeadura, bem como o aumento das áreas de produção, atendendo as expectativas econômicas do produtor. Desta forma, faz-se necessário o monitoramento de todas as operações de semeadura, com o auxílio de tecnologias que proporcionem a obtenção de uma semeadura de qualidade, com o objetivo de reduzir os erros no momento da deposição das sementes no sulco (DELAFOSSE, 1986; MATTAR, 2010).

2.2 Plantabilidade em grandes culturas

Estabelecer uma semeadura de qualidade aplicando os conceitos agronômicos de plantabilidade, que recomenda a deposição da semente em profundidade e espaçamento adequado, tornou-se assunto de suma importância na agricultura do Brasil. O aprimoramento das operações de semeadura a fim de obter resultados produtivos satisfatórios é essencial para atender aos requisitos do mercado agrícola e conseqüentemente aumento na produtividade (MELO et al. 2013).

Para alcançar o sucesso na semeadura de uma lavoura, devem-se seguir as recomendações agronômicas, escolhendo as semeadoras-adubadoras adequadas para realizar as atividades de semeadura propostas, regulando a máquina para obter desempenho satisfatório nas atividades designadas, como por exemplo: adequado preparo do sulco de semeadura, correta profundidade, equidistância, cobertura do solo, espaçamento entre linhas e qualidade das sementes, de forma a atender as necessidades da cultura a ser semeada (ROS et al. 2011). Maroni et al. (2005) referem-se a semeadura como uma etapa muito importante no processo produtivo e destacam que o ideal seria que a diferença entre a quantidade de sementes depositadas e as emergidas fosse a mínima possível, bem como, o espaçamento entre elas seja uniforme. De acordo com os autores, esses fatores são alcançados, quando a semeadora-adubadora apresenta desempenho satisfatório.

Para determinar parâmetros de desempenho de uma semeadora-adubadora, usualmente utiliza-se o coeficiente de variação dos espaçamentos de distribuição longitudinal entre sementes, e a percentagem de espaçamentos aceitáveis entre sementes (KURACHI et al. 1989). A percentagem de espaçamentos aceitáveis, falhas e duplas são classificadas pela ABNT (1996), normas que consideram satisfatórios valores de 0,5 a 1,5 vez a média referência de espaçamento entre as sementes. Os valores que não se encaixam nesse padrão, são considerados como espaçamentos falhos ou múltiplos.

Lauriano et al. (2016) alertam sobre a importância das semeadoras serem reguladas linha por linha, antes de iniciar a operação de semeadura, com o objetivo de evitar erros na deposição das sementes no sulco. Os mesmos autores inspecionaram diversas semeadoras no estado de São Paulo, as quais estavam reguladas para sementes de milho e observaram que, as máquinas apresentavam variação de deposição de insumos entre as linhas de semeadura, com valores de coeficiente de variação para sementes oscilando entre 1,77 a 12,44%, afetando a distribuição das mesmas. Weirich Neto et al. (2015), também relatam sobre a importância de realizar as regulagens das máquinas, podendo-se padronizar em 5% o coeficiente de variação entre as linhas de deposição de insumos.

Silva e Gamero (2010) explicam que a pressa para concluir a implantação de uma lavoura e cumprir o cronograma de trabalho de uma empresa ou propriedade, faz com que as máquinas sigam para o campo sem ter as devidas regulagens realizadas. A falta de regulagem das máquinas, aliada a curta janela de semeadura, resulta no aumento das velocidades de deslocamento nas operações de semeadura, interferindo negativamente na qualidade da distribuição longitudinal de sementes, influenciando o estande de plantas e consequentemente na produção final.

Cavichioli (2011) estudou a interferência da velocidade da semeadora no estande final de plantas de milho e concluiu que, visando obter uma população de 65 mil plantas por hectare e semeando na velocidade de $6,5 \text{ km h}^{-1}$, obteve-se maior produtividade. Silva e Gamero (2010) avaliaram o desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão, em relação à velocidade de deslocamento no momento da semeadura de milho. Os autores observaram que o aumento da velocidade de deslocamento a semeadora não consegue atingir a profundidade de deposição de semente adequada, resultando em uma semeadura desuniforme.

Storck et al. (2015), durante a semeadura de milho, utilizaram duas velocidades de deslocamento diferentes (4 e 7 km h⁻¹) e concluíram que, o aumento da velocidade da operação resultou em maior distância média entre plantas. Esse resultado pode estar relacionado ao aumento da velocidade periférica do disco dosador, que reduz a capacidade de preenchimento do disco, resultando na diminuição da porcentagem de espaçamentos aceitáveis.

Além da velocidade, outro fator que interfere na distribuição longitudinal de sementes é o mecanismo dosador, que pode ser de disco horizontal ou pneumático. Quando a semeadura é realizada com semeadoras-adubadoras com mecanismos dosadores compostos por discos horizontais, torna-se necessário a escolha adequada dos discos e anéis. O diâmetro dos orifícios dos discos dosadores deve ser 10% maior que a máxima dimensão das sementes e a espessura dos discos igual a espessura média das sementes (MANTOVANI et al. 2000).

Santos et al. (2000) avaliaram a distribuição longitudinal de sementes de milho híbrido classificados segundo a empresa produtora, em peneira C2M e dois discos dosadores com 28 orifícios redondos, um de 11 mm e outro com 12 mm de diâmetro. Os autores concluíram que o disco de 12 mm apresentou a média de 95% de espaçamentos aceitáveis, contra 88% do disco com 11 mm, podendo se considerar uma excelente distribuição. Os autores alertam também que a velocidade de semeadura reduziu a porcentagem de enchimento dos discos, devendo-se ter cuidado quanto à escolha do disco no momento da operação, tendo em vista a melhor uniformidade da distribuição de sementes.

Correia et al. (2016) avaliaram o índice de precisão de dois tipos de discos com aberturas diferentes, com tecnologia RampFlow e o disco convencional, e observaram que ambos têm a mesma precisão para a distribuição longitudinal de sementes de milho a uma velocidade de 4,3 km h⁻¹ (1,19 m s⁻¹), apresentando excelente desempenho.

Em relação a dosadores pneumáticos, há dois parâmetros particularmente importantes, que são: o diferencial de pressão empregado e o diâmetro do orifício onde as sementes são fixadas. Esses parâmetros tem ligação direta com a velocidade de deslocamento da máquina e com o volume de ar que passa pelo orifício, fixando a semente até o momento em que o ar é cortado, fazendo com que a semente caia em direção ao tubo condutor. O aumento do diâmetro do orifício de dosagem, presentes nos discos verticais, causa problemas na captação de

sementes pelo vácuo, ou seja, o tamanho das sementes deve ser compatível com o diâmetro dos orifícios. A pressão do vácuo também está correlacionada com o tamanho e dimensões das sementes, facilitando a fixação das mesmas através da pressão do vácuo (REIS; FORCELLINI, 2006).

Pacheco et al. (1996) afirmam que quando as sementes passam pelo mecanismo dosador, e são direcionadas para dentro do tubo condutor de sementes, adquirem um elemento de aceleração vertical causado pela gravidade e outro horizontal adquirido da velocidade de avanço da semeadora. A velocidade de avanço da semeadora colabora para que as sementes deslizem ou saltem para fora do sulco de semeadura quando depositadas no solo. Sendo assim, é importante favorecer a minimização ou eliminação do elemento horizontal, com o objetivo de facilitar a deposição das sementes nos sulcos, admitindo apenas os elementos de caráter vertical, o qual favorecerá a deposição regular no sulco.

2.1.1 Semeadura de milho

O Brasil está entre os grandes produtores de grãos, e o milho ocupa um importante espaço na produção agrícola do país, sendo este, cultivado principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, tanto em primeira como em segunda safra. Após três anos consecutivos de queda, há grandes expectativas para a produção de milho no Brasil. Para a safra 2017/18, estima-se uma produção da cultura do milho total de cerca de 88 milhões de toneladas distribuídos em primeira e segunda safra, representando um decréscimo de aproximadamente 5% com relação à safra anterior que foi de aproximadamente 84 milhões de toneladas colhidas, com produtividade estimada em $3,69 \text{ k ha}^{-1}$, representando um decréscimo de 5% em relação a safra anterior que foi de $3,90 \text{ k ha}^{-1}$ (CONAB, 2018a).

Silva et al. (2004) afirmam que a baixa produtividade da cultura do milho pode se dar a não adequação de diversos fatores, como clima e práticas culturais, fertilidade do solo, população de plantas, arranjo de plantas, escolha de cultivares adaptada a cada condição edafoclimáticas e redução na área de produção. Aliado a isso, a qualidade da operação de semeadura deve apresentar o mínimo de erro possível.

O uso de boas práticas na semeadura é essencial, pois visa adequar fatores como a distribuição longitudinal das sementes no solo, aliando com a correta regulação da máquina, a fim de obter estande uniforme (ALMEIDA et al. 2010). Ros

et al. 2011, citam que essa é uma das principais etapas da semeadura, em que não se tolera erros de regulagens da máquina, pois a falha na deposição de sementes no solo irá comprometer a rentabilidade da atividade agrícola.

Schimandei et al. (2006) em estudos feitos sobre distribuição longitudinal de plantas de milho em 48 propriedades agrícolas, os autores concluíram que a etapa da semeadura é de qualidade quanto observa-se o número de plantas por área. Tourino et al. (2002) e Kurachi et al. (1989) concluem que a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes, é a variável que mais contribuiu para a obtenção do estande adequado de plantas e, conseqüentemente, para o aumento da produtividade.

Mello et al. (2003) em pesquisas realizadas com uniformidade de distribuição de sementes, concluíram que a regulação correta da semeadora-adubadora proporciona corretas densidades de sementes, resultando na população ideal de plantas e no aumento da produtividade das culturas.

De acordo com Marchão et al. (2005) as maiores produtividades da cultura do milho, são alcançadas com densidades acima de 70 mil plantas por hectare. Assim, dependendo do híbrido, o uso de espaçamento reduzido entre linhas (0,45 m) é uma prática que garante aumentos de produtividade via incremento na densidade de plantas. Silva (2013) maiores produtividades de milho ocorreu com espaçamento de 0,50 m entre linhas nas populações entre 60 e 70 mil plantas por hectare.

Araújo e Nass (2002) afirmam que a população e a homogeneidade da distribuição espacial de plantas são fatores importantes para o rendimento de grãos de milho, recomendando-se a determinação da população ideal de plantas. Pereira Filho e Cruz (2002) em análise realizada com mais de 200 cultivares de milho disponíveis no mercado mostrou que a população recomendada pode variar de 40.000 a 70.000 plantas por hectare a depender do ambiente de cultivo e do planejamento a ser realizado.

2.1.2 Semeadura de soja

Para a safra 2016/17, estima-se uma produção da cultura de soja de cerca de 113,8 milhões de toneladas, isso representa um acréscimo de aproximadamente 0,9% com relação à safra anterior que foi de aproximadamente 103 milhões de toneladas colhidas. A destinação de áreas para cultivo da soja apresenta avanço em

áreas em rotação cultivadas com algodão de primeira safra, milho primeira safra, feijão primeira safra e arroz de sequeiro. Portanto, a estimativa de área plantada de soja é crescente, chegando a obter acréscimo de aproximadamente 3% de área, nos principais estados produtores, (CONAB, 2018b).

O aumento da produtividade está relacionado com o desenvolvimento tecnológico, manejo, eficiência dos produtores e com boas condições do clima. O grão é componente essencial na fabricação de rações animais e com uso crescente na alimentação humana encontra-se em constante crescimento. Cultivada especialmente nas regiões Centro Oeste e Sul do país, a soja se firmou como um dos produtos mais destacados da agricultura nacional e na balança comercial. A soja é uma das mais importantes culturas na economia mundial. Seus grãos são muito usados pela agroindústria (produção de óleo vegetal e rações para alimentação animal), indústria química e de alimentos, o seu uso como fonte alternativa de biocombustível (COSTA NETO; ROSSI, 2000).

Em relação ao plantio, visando obter sucesso na produtividade, é essencial evitar perdas ocasionadas por falhas nas lavouras. O alto rendimento só será obtido, se o produtor seguir requisitos que irão facilitar os resultados finais, como por exemplo: utilização de sementes com alto poder germinativo (acima de 80%), solo bem destorroado e com superfície uniforme, regulação correta da semeadora, profundidade de semeadura de três a cinco centímetros, semeadura em velocidade moderada (4 e 8 km h⁻¹), ligeira compactação do solo após o fechamento do sulco e entre outros cuidados durante o período da lavoura. Seguindo essas recomendações, torna-se fácil obter bons rendimentos econômicos ao final da safra (CÂMARA, 2012).

É muito comum na cultura da soja, avaliar em ampla escala a densidade de semeadura, com o objetivo de definir a população de plantas ideal, para cada tipo de cultivar destinado ao plantio, porém, ainda existe carência quando se fala sobre pesquisas a respeito do stand final e uniformidade final da cultura da soja, a fim de avaliar e padronizar o arranjo espacial das plantas, que ainda não ocorre com a mesma intensidade, para experimentos com semeadura cruzada de soja (SILVA et al. 2015).

Freitas et al. (2010) ao verificar rendimentos na cultura da soja, observaram que não houve elevação significativa do lucro, quando se obteve aumento da densidade de semeadura, porém, esse resultados diz respeito somente a semeadura

convencional não sendo estudada em semeadura cruzada. Bianchi et al. 2010 citam que o espaçamento entre linhas no estabelecimento da cultura da soja, afeta a população e o crescimento de plantas invasoras, fechamento e sombreamento das entrelinhas, índice de área foliar e no rendimento de grãos.

A soja apresenta tolerância a uma gama de variações na população de plantas, onde se percebe mais a alteração da sua morfologia que o rendimento de grãos (GAUDÊNCIO et al. 1990). De acordo com Pires et al. 1998, estudos feitos variando população de plantas entre 8 a 63 plantas por metro linear, apontam que a variação dessa distribuição, não apresentou efeito no rendimento de grãos, o que está relacionado com plasticidade fenotípica da cultura. Peixoto (1998) explica que a soja tem o potencial de realizar a compensação causada pela redução da densidade, aumentando a produção individual de legumes, o que irá proporcionar maior tolerância à variação da população.

Marcos Filho (1986) e Moore (1991) também falam sobre a adaptação da soja a variações de população de plantas por área, e de acordo com esses autores a densidade pode ser reduzida sem que ocorra alteração significativa na produtividade, utilizando variedades geneticamente melhoradas aliadas à população adequada de plantas no sistema de produção.

A respeito da distribuição de sementes pelas máquinas, Anderson (2001) avaliou a deposição de sementes de soja, utilizando uma semeadora-adubadora e constatou que com o aumento na densidade de semeadura o mecanismo dosador fica vulnerável a erros, pois a exigência do mesmo torna-se mais intensa, ou seja, o mecanismo dosador tem que distribuir mais sementes no mesmo espaço de tempo. Para Portella (2001), a tarefa mais importante da semeadora é dosar a quantidade de sementes a ser depositada no solo, pois desuniformidade na deposição de sementes afeta, significativamente, a produtividade das culturas.

Weber, Shibles e Byth (1966), afirmam que o rendimento da cultura da soja foi obtido quando se trabalhou com um estande de 260 mil sementes por hectare, ou seja, 12 sementes por metro, utilizando espaçamento de 0,45 m entre linhas. Souza et al. (2016) afirmam que quando se utilizou populações de 245, 350 e 455 mil sementes por hectare, não foi observado ganho de produtividade na soja, mas que a mudança no arranjo espacial é o que vincula-se a maior produtividade.

Basol, Wright e Lenssen (2013) concluíram que quando se utiliza população entre 450 a 600 mil sementes por hectare (20 a 27 sementes por metro), foi obtido

melhor desempenho em relação a produção. Cruz et al. (2016) em estudos utilizando menores densidades, afirma que o aumento de 70 a 220 mil sementes por hectare, eleva a produtividade de grãos da soja independente do arranjo espacial entre plantas.

O rendimento produtivo de qualquer cultura é definido através da interação entre a planta, o ambiente de produção e o manejo. Em meio a muitas práticas de como realizar o melhor manejo da cultura, existem fatores que influenciam o rendimento da soja e seus componentes da produção, como por exemplo: espaçamentos e a densidades de semeadura, que podem ser afetados pela falta regulagem das máquinas destinadas para semeadura. (RITCHIE et al. 1994).

Além de todas as regulagens que as semeadoras-adubadoras necessitam e os cuidados no planejamento de implantação e manejo das culturas, torna-se necessário o emprego de novas tecnologias, como por exemplo, o uso de sensores ópticos para deposição de sementes, que auxiliam no monitoramento das operações de semeaduras, tornando-se uma ferramenta importante (MOLIN et al. 2015).

2.3 Sensores

O mercado da agricultura de precisão disponibiliza uma gama de produtos e serviços, em que, especificamente, as técnicas de semeaduras têm crescido exponencialmente. Há algum tempo atrás, as grandes empresas não conseguiam fornecer máquinas e equipamentos, que conseguissem atender as necessidades de boas práticas de semeaduras para os grandes produtores do país, por isso houve a necessidade de investir em novas técnicas, proporcionando o avanço tecnologia com o objetivo de impulsionar a produtividade do setor agrícola. Com o avanço do processo produtivo foi possível eliminar muitas das inconsistências na operacionalização e obter maior versatilidade na implantação de novos projetos (NORRIS, 2015).

Molin et al. (2010) destacam a necessidade de investir em inovações tecnológicas que possam contribuir para o avanço operacional, como por exemplo, a automação da mecanização agrícola, pois o uso de tecnologias embarcadas em máquinas agrícolas auxilia significativamente o controle das operações e tomadas de decisão por parte dos profissionais envolvidos, se tornando alternativa para

modernização e otimização da frota de máquinas e implementos destinado a implantação de lavouras no Brasil e no mundo.

Pinheiro (2016) afirma que a utilização de novas tecnologias no campo está cada vez mais presente, uma vez que, torna-se necessário o aumento de produção e eficiência, ao invés da expansão de áreas de cultivo agrícola que já está bastante limitado. O investimento no monitoramento da deposição de sementes no sulco de semeadura, através da utilização de sensores ópticos está cada vez mais presente, resultando no aperfeiçoamento das técnicas utilizadas no campo, com o objetivo de maximizar a produção agrícola.

Sensor pode ser definido como qualquer componente ou circuito eletrônico que permita a análise de uma determinada circunstância do meio em que está inserido, podendo ser pouco complexo como temperatura ou luminosidade, ou envolver componentes com um nível maior de complexidade, como uma medida um pouco mais complexa a exemplo da rotação de um motor de combustão interna ou a distancia de um veículo ate algum obstáculo próximo (SILVA; COSTA, 2009).

Thomazini; Albuquerque, (2007) citam que os sensores podem sem classificados como um tipo de transdutor, pois transforma um tipo de energia em outro tipo de energia, como por exemplo, um alto-falante que ele transforma energia elétrica em som. Contudo, sensores são considerados como transdutor especifico, que transforma energia (luz, calor, movimento) em energia elétrica, que será destinada para a leitura de alguma condição ou característica do ambiente em que está inserido.

O aperfeiçoamento de tecnologias e a busca constante por ferramentas que possam auxiliar a produção, fez com que os sensores passassem por constantes evoluções e melhorias. O desenvolvimento e eficiência dos sensores ópticos permitiram o avanço tecnológico e, conseqüentemente, o alcance de inúmeras vantagens ou comodidades para a vida moderna. Esses sensores tem uma vasta aplicabilidade no mercado que vai desde a possibilidade de aumentar a eficiência no funcionamento de um motor ou de uma linha de produção, ou ate mesmo, realizar pesquisas científicas com maior precisão e em menor tempo, sendo possível aperfeiçoar as atividades (CARNEIRO; BARBEIRO, 2014).

Na agricultura, a utilização de sensores e monitores na operação de semeadora tem sido abordada como uma possibilidade promissora, visando o desenvolvimento tecnológico das operações agrícolas e de semeadura. Sensores de pequeno porte

ligados por fios ou através de conexão sem fios ajudam a monitorar operações agrícolas, a partir de dados transmitidos e processados em alta velocidade e de maneira mais eficiente (OURIQUE, 2015). Os dados e informações geradas por esses sensores proporcionam a racionalização das operações agrícolas e obtenção de alto potencial produtivo de sementes, fertilizantes, defensivos agrícolas (MOLIN et. al 2015).

Com o objetivo principal de controlar velocidade e, sobretudo, a população de sementes dosadas e distribuídas no solo, os sensores ópticos de semeadura são instalados no tubo condutor da semeadora-adubadora, onde realizam a detecção do fluxo de sementes dosadas, emitindo a informação que é transmitida para um monitor instalado na cabine do trator. As informações são processadas e disponibilizadas em tempo real, sendo possível para o operador da máquina, observar se a deposição de sementes está acontecendo da maneira que foi dimensionada, permitindo realizar regulagens e ajustes em tempo hábil, com o objetivo de evitar falhas no momento da deposição de sementes (SANTOS et al., 2011).

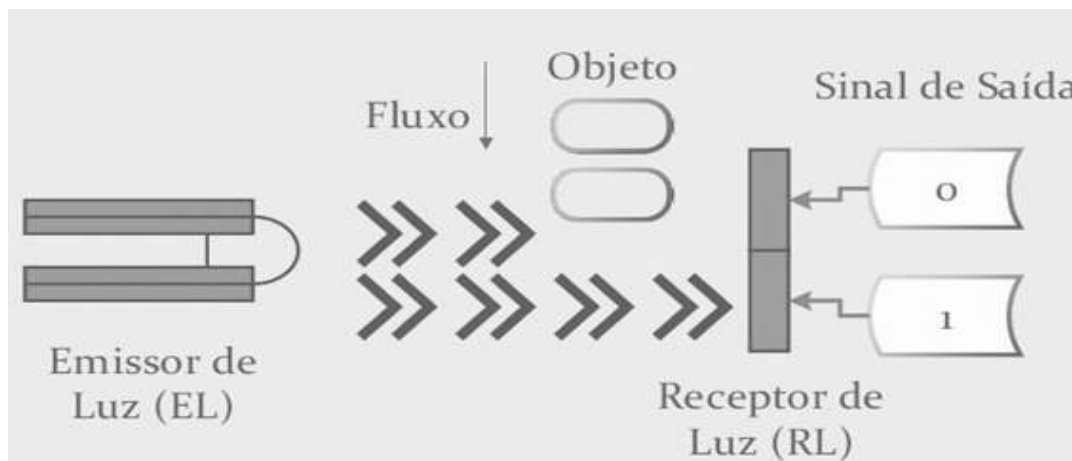
Com o auxílio do monitor e dos sensores ópticos de semeadura, é possível coletar as mais variadas informações no momento da deposição de sementes, como por exemplo, a quantidade de sementes depositadas por metro, população e densidade de plantas e velocidade de semeadura. Essas informações são de grande importância, pois facilita o monitoramento e funcionamento das operações, uma vez que, no Brasil existem proprietários de grandes áreas destinadas à lavoura, tornando-se necessário manter o padrão de plantabilidade desejável, visando o bom andamento da safra, gerando lucros e mais investimentos (MCROBERTS, 2011).

Antuniassi, Figueiredo e Gadanha Junior (2001) observam que em tratores, os sensores de velocidade mais utilizados foram baseados em radares ou sensores ópticos. Nas operações de semeadura, a forma de sensoriamento mais utilizada tem sido através da utilização de sensores ópticos, constituídos em sua maioria por dois pares de Light Emitting Diode (LED). Umezu e Cappelli, 2006; observam que os sensores eletrônicos podem ser divididos basicamente em dois tipos: e sensores digitais e sensores analógicos, sendo os digitais, o tipo de sensor óptico utilizado para o monitoramento de semeadura.

2.4 Sensores ópticos

Os sensores de leitura óptica possuem componentes eletrônicos de sinalização e comando que executam detecção qualquer objeto sem que haja contato mecânico entre eles. O funcionamento de um sensor óptico (Figura 1) tem como princípio de existência de um emissor e um receptor, onde a luz gerada pelo emissor deve atingir o receptor com intensidade suficiente para fazer com que o sensor comute sua saída (LAN et al. 1999). O sinal de luz gerado pelo emissor do sensor óptico é modulado numa determinada frequência, ou seja, o emissor gera um sinal com certo número de lampejos por segundo. O receptor do sinal é acoplado a um filtro que considera sinais com a mesma frequência do emissor, sendo que essa característica é empregada no sensor óptico para minimizar os efeitos de possíveis interferências por fontes luminosas externas, causada pela instalação incorreta ou o desgaste do componente onde o sensor foi instalado (TOMAZINI, 2005).

Figura 1 - Esquema de funcionamento de um sensor de leitura óptica.
Fonte: Ribeiro, 2017.



O emissor de luz é constituído, basicamente, de uma fonte de luz, que pode ser do tipo coerente ou não coerente. As Lâmpadas incandescentes e fluorescentes, LED's (Diodo Emissor de Luz) são exemplos de componentes que produzem luz não coerente, onde os feixes de luz não estão em fase. Já o LASER produz luz coerente e colimada, onde os feixes estão em fase e paralelos (GRIFT, 2001).

O emissor de luz deve obter comprimento de onda (λ) equivalente ao comprimento de onda do receptor de luz; com o objetivo de obter leitura mais precisa do sinal de saída. A fonte de luz que utiliza lâmpadas incandescentes ou

fluorescentes possuem aspectos similares, tendo o comprimento de onda abrange de 400 a 700 nm. O LED e o LASER são outras fontes de luz disponíveis para utilizar em sensores ópticos, com comprimento de onda de 630 nm e 694 nm, ambos de cor vermelha, sendo o LASER seletivo no comprimento de onda comparado ao LED. A potência de saída do feixe de LASER pode variar entre 5 a 10 mW, de acordo com a distância entre o emissor e o receptor (ZHANG et al., 2000).

Para desenvolver um sensor óptico eficiente, é preciso observar a escolha do receptor de luz que é um dispositivo eletrônico, geralmente formado por fotodiodos. O fotodiodo é um componente eletrônico semiconductor, com tipos variados de tamanhos e encapsulamento, que respondem a uma faixa do comprimento de onda (λ) da luz, convertendo em corrente elétrica (GRIFT, 2008).

O receptor de luz do tipo Conjunto de Fotodiodos constitui-se em uma montagem de vários fotodiodos individuais em linha. As dimensões da janela do modelo do fotodiodo, e a distância entre eles, são fundamentais para determinar as características do sensor, e sua capacidade de determinar qual o menor tamanho de partícula detectável pelo sistema (SWISHER, BORGELT E SUDDUTH, 2002).

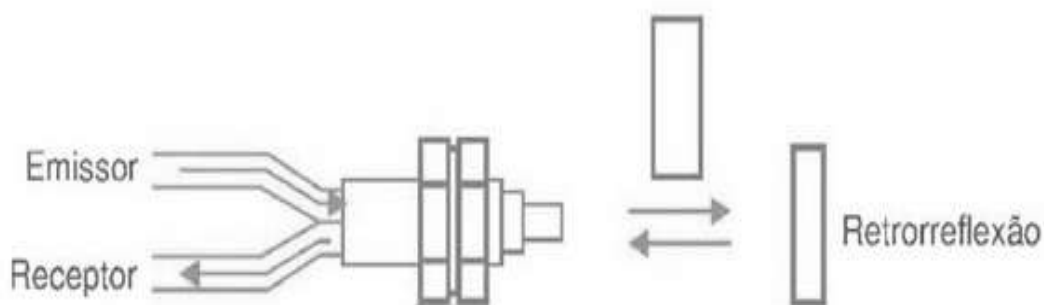
2.4.1 Sensor óptico por retrorreflexão

O emissor e o receptor dos sensores ópticos por retrorreflexão (Figura 2) encontram-se montados no mesmo corpo ou no mesmo lado. Um feixe de luz é estabelecido entre o emissor e o receptor por intermédio do refletor, ativando o sensor através da interrupção do feixe de luz quando o objeto passa (ZHU et al. 2011),

O objeto pode refletir a luz de maneira direta ou difusa, desde que não seja detectada pelo receptor do sensor com intensidade suficiente para acioná-lo. Por esta razão, objetos muito transparentes, claros ou brilhantes podem eventualmente não ser detectados por esse tipo de sensor (UMEZU et. al., 2006).

Para que sensor de retrorreflexão funcione de forma adequada, é necessário tomar cuidado com alguns aspectos importantes, tais como: limpeza, dimensão, instalação e características construtivas vitais para o perfeito acionamento do conjunto. Uma falha no emissor desse tipo de sensor faz com que ele interprete como se o objeto estivesse presente (SEIDL et al. 2006)

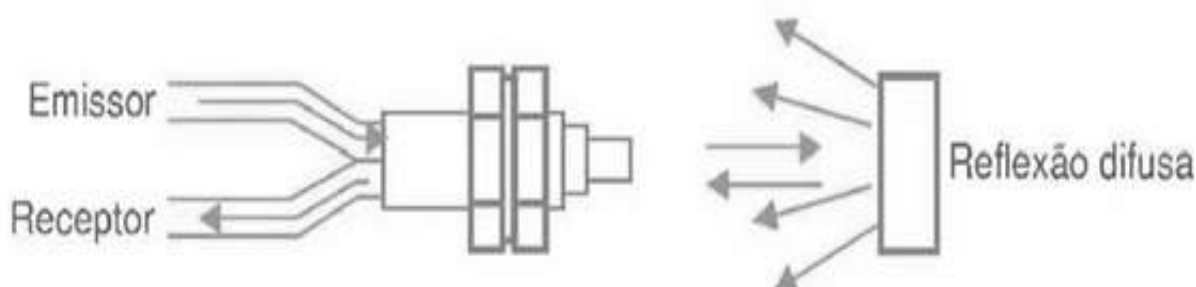
Figura 2 - Esquema de funcionamento do sensor óptico por retrorreflexão.
Fonte: Sá, 2011.



2.4.2 Sensor óptico por reflexão difusa

O sensor óptico de detecção por reflexão difusa (Figura 3) também possui o emissor e o receptor montados no mesmo corpo ou lado. A luz emitida pelo emissor cria uma região ativa cuja presença de um objeto faz com que a luz seja refletida de forma difusa, de volta ao receptor, ativando o sensor (BAPTISTA, 2002).

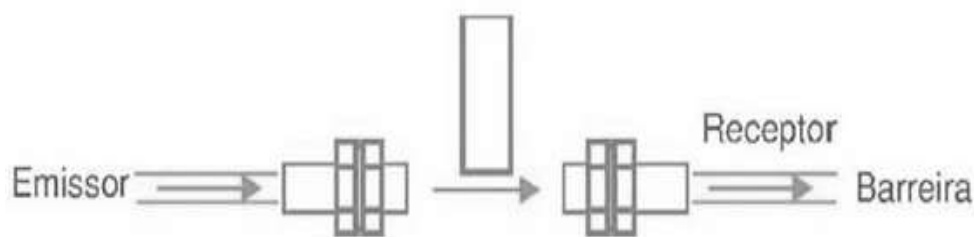
Figura 3 - Esquema de funcionamento do sensor óptico por reflexão difusa.
Fonte: Sá, 2011.



2.4.3 Sensor óptico por transmissão

A detecção de objetos através do uso de sensor óptico por barreira de luz ou transmissão (Figura 4) é a tecnologia empregada na maioria dos sensores ópticos de semeadura. Esses tipos de sensores possuem o emissor e o receptor montados em dispositivos separados. Ao serem alinhados, os dois componentes criam entre si uma barreira de luz. A presença de um objeto interrompendo essa barreira faz com que o sensor seja ativado (MOLIN et al., 2010).

Figura 4 - Esquema de funcionamento do sensor óptico por transmissão.
Fonte: Sá, 2011.



Carmo et al. (2012), citam que o módulo do sensor possui uma saída digital que tem seu estado baseado em uma variável, que, quando comparada ao valor de 12 bits gerado pelo sensor, força a saída para “zero” ou para “um”, dependendo do nível do sinal luminoso. Ocorre que a perturbação gerada pela passagem da semente, na maioria das vezes não é suficiente para fazer esta saída mudar de estado gerando um pulso.

Carneiro e Barbero (2014) relatam que isso ocorre porque o sinal gerado pela passagem da semente tem uma frequência muito alta, em decorrência da velocidade de passagem da mesma. A semente, por ter um tamanho abaixo do nominalmente detectado, pode não passar diretamente sobre um dos feixes de luz, gerando uma perturbação de baixa amplitude. Trata-se então de um problema relacionado à baixa amplitude e a alta frequência na detecção das sementes. O sensor disponibiliza uma saída analógica com o nível de tensão relativo à taxa de luminosidade. A variação desta grandeza ocorre em tempo real, representando sinais de alta frequência. Isso possibilita que mesmo os pulsos de períodos reduzidos, decorrentes da passagem de sementes, sejam detectados.

Braghin et al. (2013) citam que quando uma semente passa diretamente sobre um feixe de luz, ocorre uma perturbação de ordem um pouco maior. Porém, quando a mesma semente passa por uma região em que não corta diretamente um feixe de luz a perturbação gerada é de menor amplitude que no caso anterior. Mesmo não passando diretamente sobre o feixe, a semente proporciona uma pequena sombra nos pontos de recepção da luz. Esta sombra é proveniente dos feixes de luz dos emissores próximos à linha de passagem da semente. A constituição e tecnologia embarcadas nos sensores podem interferir na contagem de semente, por causa do tamanho e velocidade de deslocamento da máquina, pois quanto maior for à

velocidade de deslocamento da semeadora no momento da operação de semeadura, maior será a quantidade de sementes depositadas no solo. Desta forma, Tavares et al. (2014), avaliaram a posição de sementes, utilizando sensores com fio de 3 e 4 LEDs e concluíram que, em relação ao tamanho de sementes, ambos sensores avaliados têm dificuldades na contagem de sementes de sorgo, devido ao tamanho da semente e ao fluxo que passa pelo tubo condutor de sementes.

Segundo Huang et al. (2010), o sinal óptico proveniente do sensor, o qual é oriundo de um sistema de captação bastante eficiente, é transferido para um sistema inteligente, capaz de processar com eficiência esses dados, disponibilizando-os através do monitor de semeadura, instalado na parte interna do trator, para evitar falhas nos processos de tais dados. Reis e Bisognin (2007) ressaltam o uso dessa ferramenta de auxílio de trabalho no momento da semeadura, facilitando o controle operacional e possibilitando a quantificação do número de sementes que estão sendo distribuídas por metro linear, bem como, observar se o espaçamento entre sementes irá ser uniforme, evitando erros na variação no número e possibilitando um menor posicionamento entre elas.

2.5 Investimento em sensores ópticos de semeadura

Carneiro & Barbero (2014) afirmam que as vantagens na utilização dos sensores ópticos estão relacionadas às propriedades de imune interferência eletromagnética e ruidosa, ao baixo custo e consumo elétrico, mostrando-se como soluções viáveis quando implantados em sistemas de monitoramento, nos quais vários dispositivos são monitorados simultaneamente, como ocorre nas semeadoras-adubadoras.

Galante e Garcia (2014) ressaltam a necessidade dos produtores rurais investirem na aquisição de máquinas, implementos e equipamentos que viabilizem a qualidade da semeadura, como por exemplo, a utilização de sensores de deposição de sementes, aperfeiçoando as respostas necessárias e todos os demais elementos, com o auxílio de sistema de aquisição de dados e programa para análise e interpretação, evitando contratempos no momento da semeadura. Os sensores de leitura óptica, utilizados na deposição de sementes, apesar de serem compostos por um sistema simples e de fácil instalação, ainda são pouco utilizados.

Investir em novas tecnologias, que forneçam resultados positivos, como no caso dos sensores de deposição de sementes, contribuem para impulsionar a produção

agrícola, pois, o crescimento da produção no campo constitui um aspecto importante para o crescimento econômico do país. Porém, os custos envolvidos na produção e vendas desses equipamentos, dificultam a acessibilidade de todos os produtos que necessitam do auxílio dessa e de outras tecnologias (SEIDLER e FRITZ FILHO 2016). Desta forma, Sousa et al. (2014) comparando dois tipos de sensores com fio (com 3 e 4 LEDs) concluíram que, os sensores com 3 LEDs são mais eficientes do que os com compostos por 4 LDEs, pois mostraram resultados mais próximos entre o verificado no monitor e na contagem manual, com uma porcentagem de acerto em torno de 97% em todas as populações avaliadas. As variações apenas de populações não sofreram alterações, independentemente do número de LEDs comparados. Esses resultados são de grande importância, pois, diminuiu o custo de produção dos sensores, que ao invés de usar quatro LEDs, passaram a ser compostos apenas por 3 LEDs, sem perder a eficiência.

Estimar o custo de produção e dimensionar novas tecnologias constitui-se elemento essencial, com importância crescente, tanto na avaliação da eficiência da produção de determinada atividade, como também na avaliação dos processos específicos de produção, os quais indicam o sucesso de determinada empresa no seu esforço de produzir (MARTIN et al. 1994).

Menegatti (2006) alerta para a importância da pesquisa, comparação e investimentos em tecnologias que venham a contribuir no processo produtivo. A elaboração de planilhas de custos para toda atividade desempenhada na lavoura, bem como a avaliação do comportamento dos preços de mercado, auxiliam o planejamento e a tomada de decisões, que é de fato necessário aprimorar ou ampliar, na safra posterior. Adotar práticas de monitoramento de máquinas e equipamentos tem por objetivo, avaliar os investimentos de uma forma mais dinâmica e segura, visando a ampliação ou redução, continuação ou substituição das atividades praticadas na propriedade, como forma de automatizar com mais eficiência o sistema de implantação das lavouras.

Ojima et al. (2007) citam que a competitividade e a exigência de boa eficiência do sistema produtivo, devido à intensa qualificação de empresas e profissionais, causou uma diminuição das margens de lucro no setor agrícola. Desta forma, os autores evidenciam a importância de investir em equipamentos com sistemas tecnológicos eficientes e com custos acessíveis ao comprador.

O custo total de produção pode ser definido como as despesas e a depreciação de máquinas implementos e equipamentos, bem como, a eficiência e produtividade de cada tipo de equipamento utilizado, somadas aos outros componentes de custos para obter o custo total de produção e análise da rentabilidade. Já para estimar o custo horário das máquinas, deve-se considerar a soma dos custos fixos, mais os custos variáveis (MATSUNAGA et al. 1976).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Campo experimental

O ensaio foi conduzido no ano agrícola 2017/2018, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, em área pertencente ao Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu - SP, na região centro oeste do Estado de São Paulo.

3.2 Máquinas e implementos

Foram utilizados as seguintes máquinas e implementos agrícolas: Semeadora–adubadora de precisão, marca Jumil modelo Exacta air 2980 PD Pantográfica de sete linhas (espaçadas a 45 cm), seleção de sementes pneumática, largura útil de 336 cm e peso da máquina vazia de 4330 kg, (Figura 5) tracionada por um trator da marca New Holland modelo TS 110 com 80 Kw (110 cv) de potencia no motor.

Figura 5 - Semeadora com mecanismo de distribuição de sementes pneumática.



Semeadora-adubadora de precisão marca Jumil, seleção de sementes de discos horizontais (Figura 6), modelo 3060 PD Magnum, Pantográfica equipada com sete linhas (espaçadas a 45 cm), largura útil de 366 cm e peso da máquina vazia de 2930 kg, equipadas com mecanismo dosador Tittanium (Figura 7), com discos horizontais do tipo *Rampflow*, tracionada por um trator da marca John Deere modelo 6600 e potência de 89 Kw (121 cv) de potência no motor.

Figura 6 - Semeadora com mecanismo de distribuição de sementes de disco horizontais.



Figura 7 - Dosador de sementes Tittanium.



3.3 Monitor de semeadura e sensores

As semeadoras foram equipadas com dois tipos de sensores ópticos de semeadura (com fio e sem fio), onde os monitores foram instalados no interior da cabine dos tratores e os sensores instalados nos tubos condutores de sementes.

Para a instalação dos sensores com fio, foi necessária a montagem da uma rede de cabos, conectados ao monitor e ligados até os sensores, que foram fixados nos tubos condutores de sementes.

Os sensores sem fio foram apenas conectados a um módulo responsável pelo envio das informações ao monitor e a uma bateria e fixados em partes fixas das semeadoras.

Após fixar todos os sensores nas respectivas linhas de semeadura, foi necessário fazer reconhecimentos dos sensores, através do monitor de semeadura. Para o sensor com fio (Figura 8), era ligado um cabo por vez até que todos os sensores fossem reconhecidos na tela do monitor.

Figura 8 - Sensor com fio instalado no tubo condutor de sementes.



Para o sensor sem fio (Figura 9) o procedimento foi similar, sendo necessário ligar um sensor de cada vez, apertando e segurando um botão de início que fica no módulo de envio de sinal, até que o monitor de semeadura sinalizasse com um bit, identificando que a linha em que o sensor foi instalado estava reconhecida na tela do monitor.

Figura 9 - Sensor sem fio instalado no tubo condutor de sementes.



Foto: Anderson Ravany de Andrade Gomes – 201

Nos tubos condutores da semeadora de discos horizontais, foram instalados os sensores com fio. O mesmo foi feito na semeadora pneumática, porém, os sensores instalados foram os sem fio. Ao final da coleta de dados, foi feita a troca de sensores, para as semeadoras que ainda não tinham sido avaliados com os respectivos sensores. Foram utilizados apenas três sensores com fio e três sensores sem fio, devido a disponibilidades dos mesmos.

Os tubos condutores usados no experimento eram novos, evitando a utilização de tubos, já danificados, com o objetivo de melhor quantificar a passagem de sementes nas linhas da semeadura.

3.6 Delineamento experimental

Os sensores ópticos (com fio) foram instalados nas três linhas primeiras linhas da semeadora com mecanismo dosador de sementes pneumático, sendo possível realizar a coleta de dados. Em seguida, esses sensores foram instalados na semeadora de discos horizontais, onde também foi possível realizar a coleta de dados utilizando mecanismo dosador de distribuição longitudinal de sementes diferente.

Os três sensores ópticos (sem fio) foram instalados primeiramente nas três primeiras linhas da semeadora com mecanismo dosador de sementes de discos horizontais, em seguida, esses sensores foram desinstalados e instalados em três linhas, previamente selecionadas, da semeadora com mecanismo dosador pneumático.

O experimento foi dividido em duas etapas: na primeira foi realizada coleta das sementes de milho, utilizando os dois tipos de sensores ópticos (com fio e sem fio) instalados separadamente nas duas semeadoras com diferentes mecanismos dosadores (de disco horizontal e pneumático). Por fim, seguindo a mesma metodologia já citada, ao invés das sementes de milho, desta vez, foram utilizadas as sementes de soja. O tamanho das sementes foi variado propositalmente, com o objetivo de testar a precisão dos sensores ópticos de semeadura, condicionados a detectar material com tamanhos variados ou sem uniformidade.

O delineamento experimental adotado foi o $2 \times 2 \times 5$. Os tratamentos foram constituídos pelos fatores sensores ópticos (com fio e sem fio), semeaduras com diferentes mecanismos dosadores (discos horizontais e pneumático) e diferentes velocidades de deslocamento no momento da semeadura, sendo estas: $V1 = 4 \text{ km h}^{-1}$; $V2 = 6 \text{ km h}^{-1}$; $V3 = 8 \text{ km h}^{-1}$; $V4 = 10 \text{ km h}^{-1}$ e $V5 = 12 \text{ km h}^{-1}$). Para cada experimento, foram adotadas quatro repetições por tratamento e as coletas foram realizadas em parcelas de 50 m.

3.7 Sementes

As sementes de milho utilizadas foram sementes de milho híbrido RefúgioMax. As sementes de soja utilizadas no experimento foram da cultivar Dow 5D63. As sementes de milhos apresentaram diâmetro de 10 mm, já as sementes de soja tinham diâmetro de seis mm.

Antes de iniciar os testes, as semeadoras foram reguladas, com o objetivo de ajustar a taxa de semeadura, para que atendesse a população recomendada de deposição de sementes. Para sementes de milhos, a semeadora foi regulada para de deposição de três sementes por m^{-1} , já para as sementes de soja, a regulação foi de 15 sementes por m^{-1} . O espaçamento entre linhas utilizado para ambas as

culturas (soja e milho) foi de 0,45 m, totalizando população de 66.666 sementes ha^{-1} de milho e 333.330 sementes ha^{-1} de soja, respectivamente.

3.8 Coleta das sementes

As sementes foram coletadas utilizando embalagens plásticas fixadas nos tubos condutores de sementes (Figura 10), utilizando braçadeiras de plástico. Com as embalagens plásticas fixadas nos tubos, a semeadora percorreu 50 metros, que corresponde ao tamanho de cada parcela, em cada uma das cinco velocidades de deslocamento, com intervalo de 10 metros entre parcelas para estabilização do conjunto trator/semeadora. Ao final de cada parcela totalizando três linhas de cada semeadora, as embalagens foram retiradas, identificadas, lacradas e separadas (Figura 11), dando lugar a novas embalagens, recomeçando as coletas. Depois de finalizar o ensaio, as embalagens foram levadas para o laboratório, onde foi feita a contagem das sementes, através de um contador digital modelo 801 count-a-pak.

Figura 10 - Embalagem para coleta de sementes.



Foto: Anderson Ravany de Andrade Gomes – 2017

Figura 11 - Embalagens plásticas identificadas e separadas, após a coleta de sementes.



Foto: Anderson Ravany de Andrade Gomes – 2017

Para manter logística eficiente de coleta dos materiais foi ensaiada uma semeadora por vez. As semeadoras foram equipadas com os sensores ópticos de semeadura, sendo as primeiras coletas de dados, realizadas com sensor com fio e posteriormente com os sensores sem fio, até a finalização da coleta das sementes de milho e soja. Sempre que era finalizada a coleta das sementes, ocorria a troca dos monitores e sensores entre as semeadoras, para dar continuidade ao experimento.

3.9 Contagem de sementes

As sementes armazenadas nas embalagens plásticas foram contadas por meio do contador de sementes digital da marca Seedburo modelo 801 count-a-pak (Figura 12). Em seguida, esses dados foram tabulados e comparados com os registrados nos monitores de semeadura, para aferir a acurácia de cada tipo de sensor avaliado.

Figura 12 - Contador de sementes utilizado para validação do experimento.



Foto: Anderson Ravanny de Andrade Gomes – 2017

3.10 Acurácia dos sensores ópticos de semeadura

Após a contagem das sementes coletadas em embalagens plásticas durante a realização dos ensaios, avaliou-se a confiabilidade dos dados que foram obtidos no painel de leitura dos monitores de semeadura. Sempre que a semeadora percorria a parcela de 50 metros, eram coletadas as sementes depositadas nas embalagens plásticas e, com o auxílio de planilhas, eram anotados os dados da quantidade de sementes detectados pelos sensores, registrados no painel dos monitores de semeadura.

Após esses dados serem anotados nas planilhas, o monitor era zerado a fim de evitar o acúmulo de dados referentes ao número de sementes por linhas, detectadas pelos sensores e disponibilizado no painel do monitor. Desta forma, foi possível confrontar os dados reais (coletados em embalagens plásticas) com os dados

registrados pelos sensores ópticos de semeadura e disponibilizado no painel dos monitores de semeadura.

A avaliação do índice de precisão dos monitores (Equação 1) teve como objetivo, comprovar a acurácia da leitura dos sensores com e sem fio, utilizando dois tipos de culturas (milho e soja), intencionando assim, demonstrar a eficácia do equipamento quando submetido à diferentes tamanhos e formatos de sementes.

$$IP = \frac{D_m}{D_s} * 100 \quad (1)$$

IP = Índice de precisão;

D_m = Dados do monitor;

D_s = Dados das embalagens plásticas.

3.13 Análise estatística

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos, utilizando dois tipos de sensores ópticos, duas semeaduras-adubadoras com mecanismo de distribuição longitudinal de sementes diferente, utilizando cinco diferentes velocidades de deslocamento, em um fatorial 2x2x5. A análise estatística foi efetuada pelo programa SPSS IBM 19. Os dados obtidos através dos ensaios foram transformados em porcentagem, utilizando a equação $(\sqrt{x} - 1 \div 100)$ e submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade no experimento de milho. Já no experimento de soja, foi aplicado o teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EXPERIMENTO: CULTURA DO MILHO

Os resultados apresentados na ANOVA (Tabela 1), não apresentaram diferenças estatísticas entre as médias analisadas ($p < 0,05$).

Tabela 1 - Análise de variância entre as médias referente a semeadoras, sensores de leitura óptica e velocidades.

ANOVA					
	SQ	GL	QM	F	P.VALOR
Semeadora	0	1	0	0,575 ^{ns}	0,451
Semeadora * Sensor	0	1	0	0,123 ^{ns}	0,727
Semeadora * Velocidade	0,001	4	0	1,444 ^{ns}	0,231
Sensor * Velocidade	0,001	4	0	0,564 ^{ns}	0,69
Semeadora * Sensor * Velocidade	0	4	0	0,276 ^{ns}	0,893

N. S. = Não significativo; SQ = Soma dos quadrados; GL = Grau de liberdade; QM = Quadrado médio; F = Teste F.

Na Tabela 2 estão descritas as médias de acurácia referente à detecção de sementes de milho, de acordo com os dados coletados através uso de monitores de semeadura e seus respectivos sensores ópticos. Observa-se que, houve diferença estatística ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$) entre os dois tipos de sensores ensaiados. Os sensores com fio se mostraram mais eficientes frente aos sensores sem fio, apresentando média de 94,04% de índice de acerto, ou seja, os sensores com fio foram mais precisos quanto à leitura do fluxo de sementes que passaram pelo tudo condutor. Esse resultado representa acréscimo de 3,33% na precisão de leitura, quando comparados com os dados disponibilizados pelos monitores de semeadura e os dados reais, este último, representada pela quantidade sementes coletadas nas embalagens plásticas. Os resultados encontrados se assemelham aos obtidos por Pascoal et al. (2016), onde realizaram experimento operando um protótipo de sensor óptico de semeadura com fio, efetuaram testes de bancada utilizando sementes de milho, e obtiveram resultados de acurácia em torno de 98% de precisão de leitura.

Os melhores resultados referentes à acurácia dos sensores com fio podem ser explicados por sua tecnologia, na qual é composta por uma rede de transferência de dados mais precisa. Os fios que foram à rede de transmissão de dados até o monitor de semeadura, apenas sofrem interferência de sinal se ocorrer algum tipo de ruptura. A transferência de dados dos sensores sem fio para os monitores de semeadura pode sofrer alguma alteração, por não ser feita por uma rede de cabos. A ocorrência de algum obstáculo que impeça a chegada do sinal aos monitores pode afetar o registro da qualidade de sementes detectadas pelos sensores ópticos. Os sensores sem fio apresentaram boa eficiência do índice de precisão, mesmo sendo inferiores aos sensores com fio.

O coeficiente de variação (CV %) referente à análise entre médias de acurácia dos sensores ópticos de semeadura foi de 2,54%, podendo considerar como um coeficiente de variação baixo e podem ser explicados devido à conformidade da regulagem das semeadoras, antes do início dos ensaios, resultando na distribuição uniforme de sementes. Pimentel e Garcia (2002) afirmam que elevados coeficiente de variação indicam baixa uniformidade na distribuição de sementes, resultantes da falta de regulagem da semeadora.

Tabela 2 - Análise de variância entre as médias referente aos sensores de leitura óptica com fio e sem fio.

SENSOR	MÉDIA (%)		SQ	95% IC	
				MÍNIMO	MÁXIMO
Sem fio	90,71	B	0,002	89,330	92,090
Com fio	94,04	A	0,002	92,650	95,440
ANOVA					
	TESTE F		11,914*		
	D.M.S.		0,00243***		
	C.V. (%)		2,54		

Foi aplicado o teste de a Tukey 5% de probabilidade ($p < .05$); SQ = Soma dos quadrados; IC = Intervalo de confiança; Letras diferentes: os tratamentos diferem estatisticamente; * Significativo a 5% de probabilidade; D.M.S. = Diferença mínima significativa; C.V. (%) = Coeficiente de variação em porcentagem; *** valores transformados em $\sqrt{x} + 1$.

Os resultados descritos na Tabela 3 comprovam que houve diferença ($p < 0,05$), entre as médias das velocidades de deslocamento utilizadas no experimento. Quando foi utilizando as velocidades mais baixas (V1, V2 e V3), houve o alcance

dos maiores índices de precisão na leitura de sementes de milho pelos sensores ópticos de semeadura (96,56; 94,88 e 93,21%, respectivamente). Neste caso, a V3 pode ser opção para deposição de sementes de milho por apresentar bons resultados em relação à acurácia dos sensores nesta deposição de sementes.

Tabela 3 - Análise de variância entre as médias referente às diferentes velocidades de deslocamento.

VELOCIDADE (KM H ⁻¹)	MÉDIA (%)		SQ	95% IC	
				MÍNIMO	MÁXIMO
V1	96,56	a	0,004	94,600	98,910
V2	94,88	a	0,004	92,650	96,840
V3	93,21	ab	0,004	90,990	93,760
V4	90,44	bc	0,004	88,230	92,370
V5	87,14	c	0,004	84,960	89,330

ANOVA	
TESTE F	12,472*
D.M.S.	0,00385***
C.V. (%)	4,03

Foi aplicado o teste de a Tukey 5% de probabilidade ($p < .05$); SQ = Soma dos quadrados; IC = Intervalo de confiança; V1 = 4 km h⁻¹; V2 = 6 km h⁻¹; V3 = 8 km h⁻¹; V4 = 10 km h⁻¹; V5 = 10 km h⁻¹; Letras diferentes: os tratamentos diferem estatisticamente; * Significativo a 5% de probabilidade; D.M.S. = Diferença mínima significativa; C.V. (%) = Coeficiente de variação em porcentagem; *** valores transformados em $\sqrt{x} + 1$.

A V5 foi à velocidade de deslocamento que apresentou o menor índice de precisão, em relação da leitura de sementes de milhos pelos sensores ópticos (87,14% de acurácia). Esta velocidade proporcionou o aumento do fluxo de sementes que, ao passarem pelos tubos condutores e, consequentemente pelos LEDs dos sensores ópticos de semeadura, ocasionou erros no registro das sementes conduzidas pelos tubos condutores de sementes. A diferença de acurácia entre a menor velocidade (V1) e a maior velocidade (V5), foi de aproximadamente 10%, sendo a V1 mais precisa do que a V5.

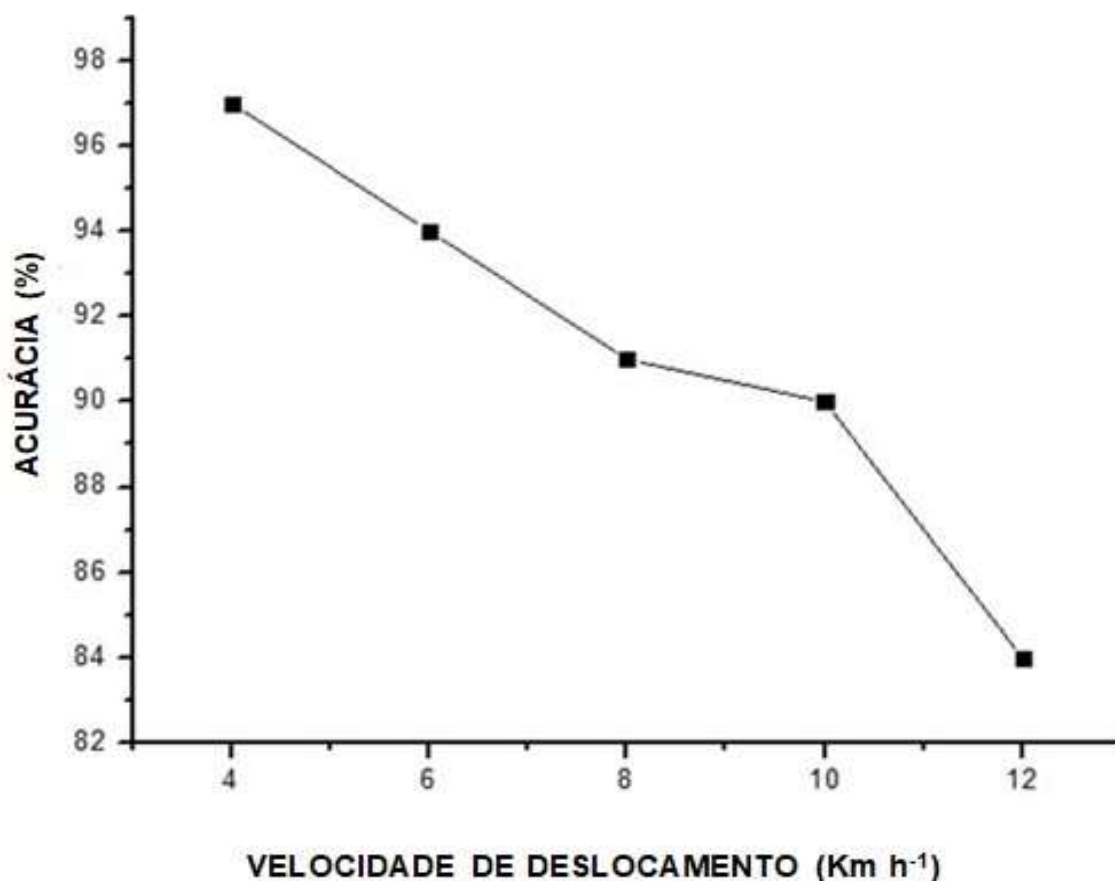
É possível observar que quando ocorre o incremento na velocidade de deslocamento das semeadoras, diminui a acurácia dos sensores ópticos de

sementes, ou seja, a velocidade de deslocamentos no momento da semeadura está diretamente ligada ao erro de leitura dos sensores ópticos. A falha de leitura desses sensores pode ser explicada devido ao aumento exagerado do fluxo de sementes que passam pelos tubos condutores, a partir do momento em que se eleva a velocidade de deslocamento na semeadura. No caso das sementes de milho reguladas na semeadora (três sementes por metro linear), alcançou um fluxo de 10 sementes por segundo, passando pelo tubo condutor.

Borges Neto et al. (2013), realizaram experimento utilizando um protótipo de uma linha de semeadura, com mecanismo dosador de sementes do tipo horizontal, para testar a eficiência de dois tipos de sensores, em diferentes velocidades de deslocamento, na regularidade de distribuição de sementes de feijão. Os autores utilizaram os sistemas de aquisições de dados microcontrolados (sensores infravermelho em paralelo e um sensor infravermelho difuso), e afirmaram que os dois tipos de sensores apresentaram alta confiabilidade de leitura dos dados, com acurácia da leitura das sementes, passadas pelo tubo condutor, sempre maior que 95% de precisão.

Na Figura 13 estão descritos os resultados referentes à acurácia dos dados analisados por ambos os sensores e semeadoras. De acordo com Monico et al. (2009), a acurácia incorpora tanto a tendência (erros sistemáticos) quanto precisão (erros aleatórios), ou seja, expressa o índice de precisão de leitura dos sensores ópticos de semeadura. A eficiência de leitura dos sensores instalados na semeadora, com mecanismo dosador pneumático e de discos horizontais foi afetada com o incremento das velocidades de deslocamento. Observa-se queda na acurácia quando se aumenta a velocidade de semeadura, mas, percebe-se também, que mesmo utilizando a V4 (10 km h^{-1}) na semeadura de milho é possível obter índice de precisão em torno de 90%. A V1 proporcionou melhor índice de precisão (97%), devido ser uma velocidade de trabalho bem mais lenta, fazendo com que a deposição de sementes seja feita mais pontualmente, sem que haja um fluxo excessivo na qual possa dificultar a detecção das mesmas pelo sensor óptico. Tavares et al. (2014), em estudos avaliando a acurácia de tipos de sensores com fio (3 e 4 LEDs) e utilizando sementes de milho, obtiveram resultados de 99% de precisão quando utilizado a velocidade de 4 km h^{-1} .

Figura 13 - Acurácia dos sensores ópticos de semeadura (com fio e sem fio), referente a testes com sementes de milho, utilizando semeadora com mecanismo de distribuição de sementes a pneumático e horizontal.



A velocidade de deslocamento de 12 km h⁻¹, foi à única que obteve índice de precisão abaixo de 90%. Devido ao aumento excessivo da velocidade, a acurácia foi de apenas 84%. Cavalcante et al. (2015) afirmam que o aumento da velocidade de semeadora, afetam a deposição das sementes no sulco de semeadura, contribuindo para a distribuição desordenada das mesmas.

O incremento da velocidade e o tamanho da semente pode ter sido fatores que contribuíram para a perda de eficiência dos sensores ópticos. Janoselli (2016) ressalta a importância de utilizar sementes que possuem uniformidade quanto as suas dimensões, pois sementes de tamanhos diferentes prejudicam a regulação da semeadora, bem como, a detecção das mesmas pelos sensores de semeadura.

4.2 EXPERIMENTO: CULTURA DA SOJA

OS resultados apresentados na ANOVA (Tabela 4), não apresentaram diferenças estatísticas entre as médias analisadas ($p < 0,01$); ($p < 0,05$).

Tabela 4 - Análise de variância entre as médias referente às semeadoras, velocidades e sensores de leitura óptica.

	SQ	GL	QM	F	P.VALOR
Semeadora * Sensor * Velocidade	0,001	4	0	1,172 ^{ns}	0,332
Sensor	0	1	0	0,326 ^{ns}	0,570

n.s. = Não significativo; SQ = Soma dos quadrados; GL = Grau de liberdade; QM = Quadrado médio; F = Teste F.

A semeadora com mecanismo dosador pneumático apresentou maior precisão na deposição de sementes de soja, quando foi comparado com o mecanismo dosador de discos horizontais (Tabela 5). O mecanismo dosador pneumático obteve 93,21% de precisão, resultados 8,25% maior frente ao outro tipo de mecanismo de distribuição de sementes.

Pode-se perceber que as semeadoras pneumáticas, desde que bem reguladas, proporciona uma distribuição de sementes com maior precisão e confiabilidade dos resultados esperados. Esses dados demonstram o nível satisfatório que esse tipo de mecanismo proporciona, mostrando-se similar aos resultados encontrando por Damasceno (2017) que em estudos comparando os dois tipos de dosadores, afirma que semeadoras com mecanismo dosador pneumático apresenta maior precisão na operação, por ser um sistema que proporciona melhor seleção de sementes e menos danos mecânicos.

Os diferentes tipos de mecanismo dosadores de sementes, desde que bem regulados, devem apresentar similaridade na eficiência de distribuição de sementes. Desta forma, é necessário conferir as regulagens das semeadoras, a fim de proporcionar qualidade na distribuição longitudinal. Os sensores auxiliam o monitoramento da distribuição de sementes, sendo necessário o acompanhamento das operações de semeaduras em tempo real, a fim de evitar erros na distribuição.

SILVA et al. (2016) realizaram diversas inspeções com semeadoras, operando nas principais regiões produtoras de grãos do estado de São Paulo, e destacaram

que a má regulação e adequação do conjunto bem como o estado de conservação das semeadoras-adubadoras, são fatores que influenciam negativamente, a não conformidade da distribuição de sementes. Os autores observaram que as máquinas avaliadas apresentaram diferenças entre as linhas de deposição de sementes, influenciando diretamente na capacidade de deposição de semente.

Mahl (2002) também avaliou semeadoras com sistemas de distribuição longitudinal de sementes pneumático e de discos horizontais, e concluiu que o dosador pneumático apresentou melhor desempenho que o disco horizontal distribuição longitudinal de sementes. O autor também cita que foi possível aumentar em 80% a capacidade de campo efetiva na operação de semeadura da cultura do milho, utilizando-se uma semeadora pneumática.

Tabela 5 - Análise de variância entre as médias referente aos dois tipos de semeadoras.

SEMEADORA	MÉDIA (%)		SQ	95% IC	
				MÍNIMO	MÁXIMO
Pneumática	93,21	A	0,003	90,44	93,21
Discos Horizontais	84,96	B	0,003	84,96	87,69
ANOVA					
	TESTE F		31,710*		
	D.M.S.		0,00267***		
	C.V. (%)		7,00		

Foi aplicado o teste de a Tukey 5% de probabilidade ($p < 0.05$); SQ = Soma dos quadrados; IC = Intervalo de confiança; Letras diferentes: os tratamentos diferem estatisticamente; * Significativo a 5% de probabilidade; D.M.S. = Diferença mínima significativa; C.V. (%) = Coeficiente de variação em porcentagem; *** valores transformados em $\sqrt{x} + 1$.

Observa-se que a velocidade de deslocamento das semeadoras-adubadoras (Tabela 6) interfere na qualidade de distribuição de sementes, e consequentemente, na confiabilidade de leitura (acurácia) dos sensores ópticos de semeadura. Velocidades acima de 6 km h^{-1} interferem na capacidade de leitura do fluxo de sementes, que passam pelas paredes de LED's contendo os painéis de leituras de sinal (emissores e receptores) dos sensores ópticos de semeadura. Furlani et al. (2017) utilizando uma semeadora-adubadora com mecanismo dosador pneumático, concluíram que dentre a diferentes velocidades utilizadas no experimento (2, 4, 6, 9,

10 e 12 km h⁻¹), a velocidade de deslocamento de 6 km h⁻¹, foi a que proporcionou melhores resultados com relação a distribuição uniforme de sementes.

Com aumento gradativo na velocidade de trabalho, é possível verificar que quando se utilizou 12 km h⁻¹ (V5), observou-se uma queda considerável na acurácia dos sensores de semeadura. A V5 obteve apenas 80% do índice de precisão dos sensores em relação à distribuição de sementes, mostrando que, velocidades de deslocamento elevadas causam o desarranjo na operação de semeadura. Quando se comparou os dados obtidos entre a V1 e a V5, observa-se redução de 16% no índice de precisão dos sensores de semeadura, avaliando apenas os valores encontrados entre a menor e a maior velocidade de deslocamento (4 e 12 km h⁻¹). Esses resultados condizem com os observados por Reynaldo et al. (2016) que em pesquisa realizados com semeadoras afirmam que, o incremento na velocidade de deslocamento da semeadora interferiu na distribuição de sementes, reduzindo a produtividade e a qualidade da semeadura.

Tabela 6 - Análise de variância entre as médias referente às cinco diferentes velocidades de deslocamento.

VELOCIDADE (KM H ⁻¹)	MÉDIA (%)		SQ	95% IC	
				MÍNIMO	MÁXIMO
V1	96,00	A	0,004	93,48	98,24
V2	92,65	Ab	0,004	92,65	95,16
V3	91,26	Bc	0,004	91,26	93,48
V4	87,69	Cd	0,004	87,69	90,16
V5	80,90	D	0,004	83,33	85,50
ANOVA					
	TESTE F		17,546*		
	D.M.S.		0,00423***		
	C.V. (%)		6,41		

Foi aplicado o teste de a Tukey 5% de probabilidade ($p < .05$); SQ = Soma dos quadrados; IC = Intervalo de confiança; V1 = 4 km h⁻¹; V2 = 6 km h⁻¹; V3 = 8 km h⁻¹; V4 = 10 km h⁻¹; V5 = 10 km h⁻¹; Letras minúsculas diferem estatisticamente entre tratamentos; * Significativo a 5% de probabilidade; D.M.S. = Diferença mínima significativa; C.V. (%) = Coeficiente de variação em porcentagem; *** valores transformados em $\sqrt{x} + 1$.

Em relação às médias de acurácia apresentadas na Tabela 7, os sensores com e sem fio apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,01$) quando instalados na semeadora-adubadora com mecanismo dosador pneumático e discos horizontais.

Os sensores sem fio apresentaram maior eficiência na leitura dos dados coletados, quando foram instalados e avaliados nas semeadoras com mecanismo dosador pneumático. Esses sensores obtiveram 91% de índice de precisão (acurácia), representando incremento de acurácia de aproximadamente 3%, quando esses sensores foram instalados e avaliados nas semeadoras com mecanismo dosador de discos horizontais.

Os sensores com fio também apresentaram média de acurácia superior, quando foram instalados e avaliados nas semeadoras com mecanismo dosador pneumático. Quando os sensores com fio trabalharam instalados nas semeadoras de discos horizontais, houve um decréscimo de aproximadamente 9% da acurácia. Esses resultados podem ser reflexos, de que as semeadoras pneumáticas são compostas por um sistema que realiza a captura de sementes de forma mais eficiente, quando comparados às semeadoras de discos horizontais. O fato de a semeadora pneumática ser composta por um sistema moderno de seleção de sementes (pressão negativa) pode ter facilitado a dosagem das mesmas, ao mesmo tempo em que, controlou melhor o fluxo de sementes que passaram pelos sensores ópticos.

Tabela 7 - Análise de variância entre as médias referente às semeadoras e os sensores de leitura óptica com fio e sem fio.

SEMEADORA	SENSOR	MÉDIA (%)		SQ	95% IC	
					MÍNIMO	MÁXIMO
Pneumática	Sem fio	91,26	a A	0,004	89,06	93,21
	Com fio	94,88	a AB	0,004	92,93	97,12
Discos Horizontais	Sem fio	88,51	b B	0,004	86,32	90,71
	Com fio	86,04	b B	0,004	83,87	87,96
ANOVA						
		TESTE F	9,508**			
		D.M.S.	0,00378***			
		C.V. (%)	4,20			

Foi aplicado o teste de a Tukey 1% de probabilidade ($p < 0.01$); SQ = Soma dos quadrados; Letras maiúsculas diferem estatisticamente entre tratamentos; IC = Intervalo de confiança; Letras minúsculas diferem estatisticamente entre semeadoras; ** Significativo a 1% de probabilidade; D.M.S. = Diferença mínima significativa; C.V. (%) = Coeficiente de variação em porcentagem; *** valores transformados em $\sqrt{x} + 1$.

Na Tabela 8 verificam-se as médias referentes à acurácia da semeadora pneumática em cinco diferentes velocidades de deslocamento, observando que para o referido tipo de mecanismo dosador, houve diferença significativa ($p < 0,01$)

quando se trabalhou em diferentes velocidades. As três primeiras velocidades de deslocamento (V1, V2 e V3) proporcionam melhores resultados com relação à acurácia dos dados contabilizados pelos sensores de semeadura, variando entre 95 e 96% índice de precisão, ou seja, referente confiabilidade dos dados coletados e contabilizados pelos sensores ópticos. Porém, a V4 (10 km h⁻¹) aparece como uma opção a ser utilizada como velocidade de trabalho, caso seja necessário se trabalhar em uma velocidade mais alta, pois, neste caso, ao utilizar essa velocidade de deslocamento os sensores obtiveram acurácia de aproximadamente 91%. Mahl et al (2008), avaliando a eficiência de dosadores pneumáticos e de discos horizontais, concluíram que as semeadoras comportas por mecanismos dosadores pneumáticos, são mais eficientes na distribuição uniforme de sementes frente ao de discos horizontais.

Tabela 8 - Análise de variância entre as médias referente às semeadoras e as cinco diferentes velocidades de deslocamento.

SEMEADORA	VELOCIDADE (KM H ⁻¹)	MÉDIA (%)			SQ	95% IC	
						MÍNIMO	MÁXIMO
Pneumática	V1	95,72	A	A	0,006	92,37	98,81
	V2	95,44	A	A	0,006	92,09	98,81
	V3	96,00	A	A	0,006	92,65	99,37
	V4	91,26	Ab	AB	0,006	87,96	94,60
	V5	86,86	B	ABC	0,006	83,60	90,16
Discos Horizontais	V1	96,00	A	A	0,006	92,65	99,37
	V2	90,16	ab	AB	0,006	86,86	93,48
	V3	86,32	abc	ABC	0,006	83,06	89,61
	V4	84,14	abc	BC	0,006	80,90	87,41
	V5	79,56	c	C	0,006	76,35	82,79
ANOVA							
		TESTE F	2,598**				
		D.M.S.	0,00598***				
		C.V. (%)	6,43				

Foi aplicado o teste de a Tukey 1% de probabilidade ($p < .01$); SQ = Soma dos quadrados; IC = Intervalo de confiança; V1 = 4 km h⁻¹; V2 = 6 km h⁻¹; V3 = 8 km h⁻¹; V4 = 10 km h⁻¹; V5 = 10 km h⁻¹; Letras maiúsculas diferem estatisticamente entre semeadoras; Letras minúsculas diferem estatisticamente entre tratamentos; ** Significativo a 1% de probabilidade; D.M.S. = Diferença mínima significativa; C.V. (%) = Coeficiente de variação em porcentagem; *** valores transformados em $\sqrt{x} + 1$.

Veiga (2016), analisando o erro de leitura de sensores ópticos de semeaduras, através da utilização de sementes de soja, concluiu que a maior parte dos erros encontrados está na faixa 6 a 10%, ou seja, neste estudo, o autor obteve acurácia

entre 90 e 96%, o que se assemelha com os dados apresentados na Tabela 8. O mesmo autor cita que, no caso da soja, os resultados não são satisfatórios, apontando como provável causa da falha de leitura, a instalação dos sensores nos tubos condutores, o fluxo intenso e também, ao tamanho das sementes de soja em relação a outros tipos de sementes graúdas, que pode ocasionar na de detecção das mesmas pelos sensores ópticos de semeadura.

A V5 é a velocidade de deslocamento que mais afetou o índice de precisão dos sensores ópticos de semeadura, apresentando índices de aproximadamente 86% de acurácia, o que representa quase 9% de precisão a menos quando comparado com a V1. As velocidades mais altas apresentaram os maiores erros em relação às demais, devido ao intenso fluxo de sementes passaram pelos tubos condutores. É possível observar que na regulação de 15 sementes de soja por metro linear, pode-se obter um fluxo de 50 sementes de soja em m/s, o que demanda uma alta eficiência de leitura dos sensores ópticos, para esse tipo de semente. Dagios et al. (2016) utilizaram cinco diferentes velocidades (4, 5, 6, 7 e 8 km h⁻¹) e uma semeadora com mecanismo dosador pneumático, afirmam que esse tipo de semeadora não apresentou variação na distribuição do número de sementes por metro linear nas diferentes velocidades.

Quando se trabalhou com a semeadora-adubadora com mecanismo dosador de discos horizontais, observou-se que apenas a V1 e V2 apresentam-se como opções que proporcionam altos índices de precisão dos sensores ópticos. Na V2 obteve-se acurácia de 90%, representando um decréscimo de 6% em relação a V1 que foi de 96%. Desta forma, ao analisar as médias das demais velocidades de deslocamento (V3, V4 e V5), verifica-se a ineficiência do sistema de contabilização de sementes em função do aumento da velocidade de deslocamento da semeadora-adubadora. A V5 foi a que apresentou o menor índice de precisão (79,56%), representando um decréscimo de aproximadamente 16% da acurácia dos sensores ópticos de semeadura.

Analisando a influência das velocidades de deslocamento no índice de precisão entre as duas semeadoras-adubadoras avaliadas no experimento, conclui-se que quando foi utilizada a semeadora com mecanismo de distribuição longitudinal de sementes pneumático, foi possível utilizar velocidade de deslocamento de até 10 km h⁻¹ (V4), sem afetar drasticamente os índices de precisão de leituras das sementes pelos sensores. Porém, quando se utilizou as semeadoras-adubadoras com

mecanismo dosador de discos horizontais, verifica-se que para obter índices de precisão satisfatórios, deve-se adotar como padrão a V2 (6 km h⁻¹), pois a partir dessa velocidade de deslocamento, a acurácia só tende a diminuir, prejudicando a confiabilidades dos dados registrados pelos sensores ópticos de semeadura. Essa resposta também foi observada por Carneiro et al. (2016) que afirmam que quando se utiliza velocidades acima de 6 km h⁻¹, há maior variabilidade na qualidade da deposição de sementes.

Cortez et al. (2013) afirmam que semeadoras equipadas com mecanismo dosador horizontal, apresentam dificuldades de atingir resultados satisfatórios na distribuição de sementes, sendo assim, se o fluxo de sementes sofre muita variação, consequentemente, os sensores podem ter dificuldades para registra-las.

As médias referentes ao índice de precisão dos sensores sem fio diferem estatisticamente ($p < 0,01$), em relação ao incremento da velocidade de deslocamento (Tabela 9).

Tabela 9 - Análise de variância entre as médias referente aos sensores de leitura óptica e as cinco diferentes velocidades de deslocamento.

SENSOR	VELOCIDADE (KM H ⁻¹)	MÉDIA (%)			SQ	95% IC	
						MÍNIMO	MÁXIMO
Sem fio	V1	97,96	a	A	0,006	94,60	98,81
	V2	93,48	ab	A	0,006	90,16	96,84
	V3	92,09	ab	A	0,006	88,78	95,16
	V4	85,50	ab	A	0,006	82,25	88,78
	V5	80,09	bc	A	0,006	77,15	83,33
Com fio	V1	93,76	a	A	0,006	90,44	96,84
	V2	88,78	ab	A	0,006	88,78	95,16
	V3	90,44	ab	A	0,006	87,14	93,76
	V4	89,88	bc	A	0,006	86,59	93,21
	V5	86,32	c	B	0,006	83,06	89,61
ANOVA							
		TESTE F	3,598**				
		D.M.S.	0,00598***				
		C.V.(%)	5,59				

Foi aplicado o teste de a Tukey 1% de probabilidade ($p < .01$); SQ = Soma dos quadrados; IC = Intervalo de confiança; V1 = 4 km h⁻¹; V2 = 6 km h⁻¹; V3 = 8 km h⁻¹; V4 = 10 km h⁻¹; V5 = 10 km h⁻¹; Letras maiúsculas diferem estatisticamente entre sensores; Letras minúsculas diferem estatisticamente entre velocidades; ** Significativo a 1% de probabilidade; D.M.S. = Diferença mínima significativa; C.V. (%) = Coeficiente de variação em porcentagem; *** valores transformados em $\sqrt{x} + 1$.

Observa-se que quando houve o aumento da velocidade de deslocamento da distribuição das sementes, ocorreu aumento do erro de leitura dos sensores, ou seja,

a diminuição do índice de precisão dos sensores ópticos de semeadura. Em relação às sensores sem fio, observa-se que a V1 apresentou o maior resultado, que foi de aproximadamente 98%. Quando foi utilizada a V5 (12 km h^{-1}) para coletar as sementes de soja, observou-se baixa eficiência de leitura dos sensores ópticos (80% de precisão). Esse resultado demonstrou redução de quase 20%, em relação a menor velocidade de deslocamento (4 km h^{-1}).

O aumento excessivo da velocidade de deslocamento prejudica a distribuição longitudinal das sementes de soja e, conseqüentemente, diminui o índice de precisão dos sensores ópticos de semeadura. Isso faz com que esses equipamentos não apresentem o desempenho esperado, por não conseguir realizar a leitura de sementes quando o fluxo passa a ser muito alto. Os dados obtidos são similares aos observados por Correia et al., (2017), que em um experimento utilizando sensores com fio de 3 e 4 LEDs, concluíram que ambos os sensores utilizados na pesquisa, possuem acurácia equivalente mesmo quando variou-se a densidade de semeadura, aumentando ou diminuindo o fluxo de sementes que passavam pelo tudo condutor, sendo assim, obtendo índice de precisão entorno de 97%.

O sensor com fio também apresentou diferença estatística ($p < 0,01$), quando foram alteradas as velocidades de deslocamento. A V1 é a velocidade que apresentou melhor índice de precisão (93%), mas, analisando esses dados, observa-se que a V3 (8 km h^{-1}) pode ser utilizada nas operações de distribuição longitudinal de sementes, sem proporcionar déficit representativo em relação à acurácia dos sensores ópticos. A diferença no índice de precisão entre a V1 e V3 foi de aproximadamente 3%, podendo, neste caso, adotar a V3 como velocidade de semeadura que pode favorecer a obtenção de índices em torno de 90% de precisão, sendo possível proporcionar o incremento de velocidade, sem afetar a eficiência dos sensores ópticos de semeadura. Sousa et al. (2014) em estudos realizados com sensores com fio de 3 LEDs, concluíram que esses tipo de sensor alcança resultados mais próximos a realidade, com porcentagens de acerto em torno de 97%.

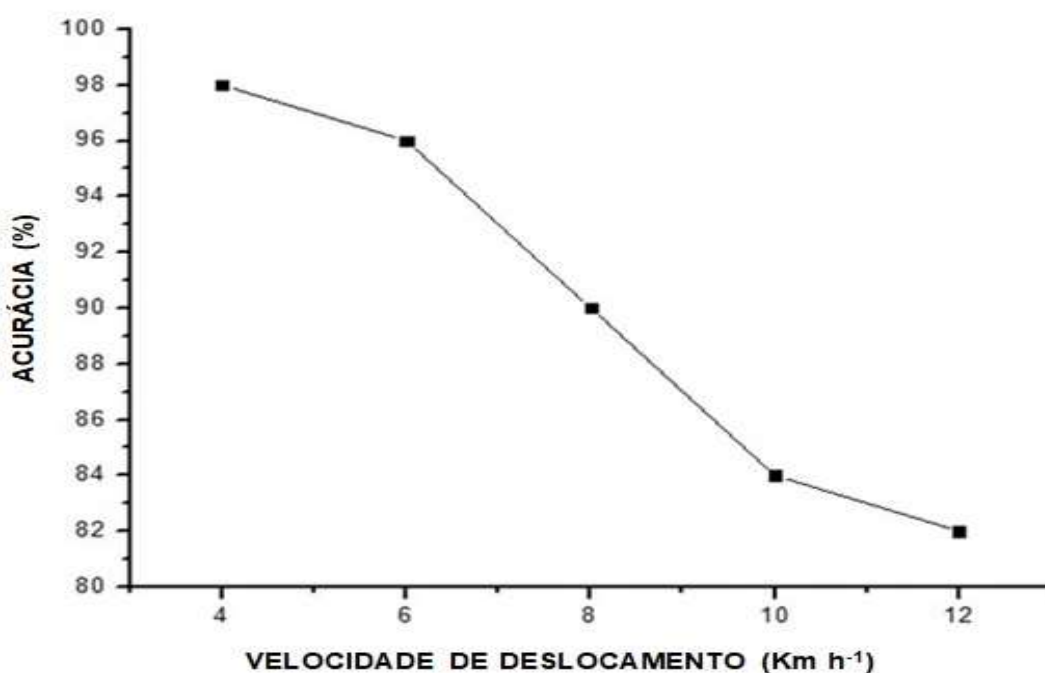
Analisando dados entre os sensores ópticos, observou-se que apenas a V5 (12 km h^{-1}) diferiu entre o sensor sem fio e o sensor com fio. Neste caso, o sensor com fio apresentou índice de precisão superior ao sensor sem fio (86,32% e 80,09%, respectivamente). Desta forma, quando se utilizou velocidades de deslocamento entorno de 12 km h^{-1} , observou-se que os sensores de monitoramento de

semeadura apresentaram ineficiência na detecção do fluxo de sementes, sendo necessário utilizar velocidades de deslocamento mais baixas, a fim de obter resultados de acurácia mais satisfatórios.

Sousa et al. (2017) avaliaram sensor com fio utilizando sementes de diversos tamanhos e formatos e concluíram que dentre as sementes com diâmetro menor, as sementes de soja favorecem a obtenção de um índice de precisão mais baixo, quando comparado com os resultados de acurácia utilizando sementes com diâmetro maior. Os mesmos autores ressaltam a necessidade de mais pesquisas sobre o desempenho do sensor e possível aprimoramento da tecnologia.

Pode-se observar na Figura 14 que a acurácia dos sensores ópticos utilizados no experimento, foi decrescendo sempre que houve aumento na velocidade de deslocamento da semeadora. O melhor resultado para acurácia dos sensores de leitura óptica foi obtido quando se utilizou a velocidade de deslocamento de 4 km h⁻¹ (98% de precisão). Desta forma, observa-se que independente do modelo de sensor a ser utilizado, analisando os resultados de acurácia, esses dados só apresentaram resultados satisfatórios a partir do momento que se utilizou velocidades de deslocamentos mais baixas. A V1, V2 e V3, apresentaram índice de precisão acima de 90%.

Figura 14 - Acurácia dos sensores ópticos de semeadura (com fio e sem fio), referente a testes com sementes de soja, utilizando semeadora com mecanismo de distribuição de sementes a pneumático e horizontal.



Verifica-se que o incremento de velocidade de deslocamento resulta no decréscimo da eficiência do trabalho dos sensores ópticos, ocasionando baixa capacidade da detecção e registro das sementes. Quando a velocidade passou a ser de 10 km h^{-1} a acurácia caiu para 84%, índice 14% inferior a V1, que foi a velocidade mais baixa utilizada no experimento.

A velocidade de 12 km h^{-1} em ambos os sensores apresentou acurácia inferior a 90%, chegando a índice em torno de 82%, o que pode comprometer a confiabilidade dos dados obtidos. A diferença entre o índice de precisão da V1 comprando com a V5 foi de 16%, o que resultou no aumento significativo do erro de leitura dos sensores ópticos. Esse erro se deve ao fato de que os sensores têm limitações, para fazer a leitura de um número máximo de sementes por segundo. O tamanho das sementes também pode ser um agravante, pois, quanto menor é o tamanho das sementes, maior será o fluxo que passará pelos tubos condutor e, conseqüentemente, maior será o erro de leitura. Tavares et al. (2014), afirmam que os sensores com fio, tem dificuldade na contagem das sementes devido ao tamanho, pois pode afetar na detecção das mesmas e na variação do fluxo de acordo com a velocidade.

5 CONCLUSÃO

A semeadora com mecanismo dosador de discos horizontais obteve melhores índices de precisão, podendo-se adotar a velocidade de 6 km h^{-1} , como velocidade de deslocamento ideal para semear milho.

O sensor com fio apresentou melhores resultados de precisão quando foi utilizado sementes de milho.

A semeadora com mecanismo dosador pneumático proporcionou maiores índices de precisão, quando se utilizou as sementes de soja, sendo possível adotar a velocidade de 8 km h^{-1} como velocidade ideal de trabalho.

O sensor sem fio obteve acurácia superior quando se trabalhou com as sementes de soja.

Quanto maior a velocidade de deslocamento, menor será a acurácia para ambos os sensores.

Ao utilizar a semeadora com mecanismo dosador pneumático, é possível trabalhar em velocidades mais elevadas, obtendo bons índices de precisão dos sensores.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, C. Avaliação técnica de semeadoras-adubadoras para plantio direto. **Plantio Direto**, Passo Fundo, n.66, p.28-32, 2001.

ANTUNIASI, U. R.; FIGUEIREDO, Z. N.; GADANHA JUNIOR, C. D. Avaliação de sensores de velocidade em função do tipo de superfície e direção de deslocamento do trator. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.21, n.1, p.74-81, 2001.

ALMEIDA, R.A.S.; SILVA, C.A.T.; SILVA, S.L. Desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor. **Agrarian**, Dourados, v. 3, n.7, p. 63-70, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Semeadora de precisão: ensaio de laboratório/método de ensaio, projeto de norma 04:015.06-004/1995. São Paulo: ABNT, 1996. 2l p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Projeto de normas 04: 015.06-004: Semeadora de precisão – ensaio de laboratório – método de ensaio. Rio de janeiro, 7p. 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT.NBR/9743 - Semeadora de fluxo contínuo em linha - ensaio de laboratório. São Paulo: Fórum Nacional de Normalização,16p. 1987.

ARAUJO, P. M.; NASS, L. L. Caracterização e avaliação de populações de milho crioulo. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 03, p. 589-593, jul./set. 2002.

BASOL, T.; WRIGHT, D.; LENSSEN, A. Understanding soybean plant population recommendations for Iowa. **Ames: Iowa State University Of Science And Technology**, 2013. 3 p.

BAPTISTA, J. M.. Análise e Desenvolvimento de Sensores de Fibra Óptica de Intensidade auto-Referenciados. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2002.

BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; LAMEGO, F. P.; AGOSTINETTO, D. Papéis do arranjo de plantas e do cultivar de soja no resultado da interferência com plantas competidoras. **Planta Daninha**, v.28, n. especial, p.979-991, 2010.

BORGES NETO, A. C. Desenvolvimento e avaliação de sistemas de aquisições de dados microcontrolados na semeadura de milho e feijão. 2013. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás – Ueg, Anápolis, 2013.

BRAGHIN, F., CAZZULANI, G., CINQUEMANI, S., RESTA, F. Potential of FBG sensors for vibration control in smart structures. IEEE International Conference on Mechatronics (ICM), 2013. 186-191.

CARMO, J. P., SILVA, A. M. F., ROCHA, R. P., CORREIA, J. H. Application of Fiber Bragg Gratings to Wearable Garments. **IEEE Sensors Journal**, 261-266. 2012.

CAMARA, G. M. S.. **LPV-506: PLANTAS OLEAGINOSAS: MÓDULO IV - INSTALAÇÃO DA CULTURA DA SOJA**. 2012. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/3779822-Lpv-506-plantas-oleaginosas-modulo-iv-instalacao-da-cultura-da-soja.html>>. Acesso em: 3 fev. 2017.

CARNEIRO, A. C.; BARBERO, A. P. Princípio de funcionamento dos sensores Ópticos baseados em grades em fibras ópticas e sua importância nas diferentes áreas Tecnológicas. **ENGEVISTA**, V. 16, n. 4, p. 389-403, Dezembro 2014.

CARNEIRO, F. M.; FURLANI, C. E. A.; ALCÂNTARA, A. S.; DAMASCENO, A. F.; MENEZES, P. C. Qualidade da semeadura de milho em função da velocidade de deslocamento e do mecanismo dosador da semeadora. In: XLV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1., 2016, Florianópolis. **Anais...** . Florianópolis: Sbea, 2016.

CAVALCANTE, E. S.; ALBIERO, D.; PRACIANO, A. C.; MELO, R. P.; MONTEIRO, L. A. Estudo da capacidade do processo de uma semeadora pneumática analisando a distribuição longitudinal de sementes. In: XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015, 2015, São Pedro - Sp. **Anais...** . São Pedro - Sp: Sbea, 2015.

CAVICHIOLO, F.A. Sistema plantio direto: velocidade de semeadura e populações de plantas de milho. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, SP. 59f. 2011.

CONAB - Campanha Nacional de Abastecimento. **Levantamentos de Safra**. 2018. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_02_08_17_09_36_fevereiro_o_2018.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2018a.

CONAB - Campanha Nacional de Abastecimento. **Levantamentos de Safra**. 2018. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_03_13_14_15_33_grao_marco_2018.pdf> Acesso em: 22 mar. 2018b.

COPETTI, E. Prevenir custa menos. **Cultivar Máquinas**. Pelotas, RS. n. 27, 2004.

CORREIA, T. P. S.; SOUSA, S. F. G.; SILVA, P. R. A.; DIAS, P. P.; GOMES, A. R. A.. Sowing performance by a metering mechanism of continuous flow in different slope conditions. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.36, n.5, p.839-845, set./out. 2016.

CORREIA, T. P. S.; SOUSA, S. F. G.; TAVARES, L. A. F.; DIAS, P. P.; SILVA, P. R. A. Monitoramento da semeadura de soja com diferentes sensores ópticos de led. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 32, n.3, p.215-220, julho-setembro, 2017.

CORTEZ, J. W; ORLANDO, R. C.; SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L.; CHAVES, R. G. ANÁLISE DA SEMEADORA PNEUMÁTICA E DISCOS HORIZONTAIS POR CAPABILIDADE DO PROCESSO. In: MILHO SAFRINHA: XII SEMINÁRIO NACIONAL, Dourados - Ms. **Anais...** Dourados: Embrapa, 2013.

COSTA NETO, P. R; ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Química Nova**, v.23, p. 4, 2000.

CRUZ, S. C. S.; SENA JÚNIOR, D. G.; SANTOS, D. M. A.; LUNEZZO, L. O.; MACHADO, C. G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.

DAMASCENO, A. F. Sistema dosador de sementes e velocidade de operação na semeadura direta de soja. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2017, 57p.

DAGIOS, R. F.; FRANCETTO, T. R.; FRANTZ, U. G.; FERREIRA, M. F.; FOGLIATTO, J. P. Influência da pressão negativa e da velocidade de deslocamento sobre a distribuição longitudinal de sementes de soja por dosador pneumático. In: XLV Congresso Brasileiro de Engenharia agrícola, 2016, Florianópolis. **Anais...** . Florianópolis: Sbea, 2016.

DELAFOSSE, R. M. Máquinas sembradoras de grano grueso. Santiago: Oficina Regional de La FAO para America Latina y el Caribe, 1986. 48 p.

FRANCETTO, T. R.; DIAGOS, R. F.; LEINDECKER, J. A.; ALONÇO, A. S.; FERREIRA, M. F. Características dimensionais e ponderais das semeadoras-adubadoras de precisão no Brasil. **Revista Tecnológica**, Santa Cruz do Sul, v. 19, n. 1, p. 18-24, jan./jun. 2015.

FREITAS, M. C. M.; HAMAWAKI, O. T.; BUENO, M. R.; MARQUES, M. C. Época de semeadura e densidade populacional de linhagens de soja UFU de ciclo semitardio. **Bioscience Journal**, v.26, p.698- 708, 2010.

FURLANI, C. E. A.; ORMOND, A. T. S.; NORONHA, R. H. F.; OLIVEIRA, M. F.; VOLTARELLI, M. A. Parâmetros iniciais da semeadura do milho em função das velocidades de deslocamento. In: XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, Maceió – AL, 2017.

FURLANI, C. E. A; SILVA, R.P; FILHO, A.C; CORTEZ, J.W; GROTTA, D.C.C. Semeadora-adubadora: exigências em função do preparo do solo, da pressão de inflação do pneu e da velocidade. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v. 32, p. 345-352, 2008.

GAUDÊNCIO, C.A.A.; GAZZIERO, D.L.P.; JASTER, F.; GARCIA,A.; WOBETO, C. População de plantas de soja no sistema de semeadura direta para o Centro-Sul do Estado do Paraná. Londrina: Embrapa Soja (CNPSo). Comunicado Técnico 47, 4 p. 1990.

GALANTE, A. C.; GARCIA, R. F. Sistema de aquisição de dados de sensores de baixo custo baseado no arduíno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO- CONBAP 201, 2014, São Pedro - Sp. **Anais...** . São Pedro - Sp: Sbea, 2014.

GARCIA, R.F; VALE, W.G; OLIVEIRA, M.T.R; PEREIRA, E.M; AMIM, R.T; BRAGA, T.C. influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadoraadubadora de precisão no norte fluminense. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, PR. v. 33, n. 3, p. 417-422. 2011.

GRIFT, T. Mass flow measurement of granular materials in aerial application - part 1: Simulation and modeling. Transactions of the ASAE, **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 44, n. 1, p. 19, 2001.

GRIFT, T.; CRESPI, C. Estimating mean particle diameter in free-fall granular particle flow using a poisson model in space. *Biosystems engineering*, **Elsevier**, v. 101, n. 1, p. 28–35, 2008.

HUANG, Q., ZHANG, C., LIU, Q., NING, Y. New type of fiber optic sensor network for smart grid interface of transmission system. *IEEE Power and Energy Society General Meeting*. 2010.

JANOSELLI, H. R. D. Plantabilidade em soja. 2016. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/blog/118/plantabilidade-em-soja>> Acessado em 16/01/2018.

JASPER, R.; JASPER, M.; ASSUMPÇÃO, P. S. M.; ROCIL, J.; GARCIA, L. C. Velocidade de semeadura da soja. **Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.31, n.1, p.102-110, jan./fev. 2011.

KURACHI, S.A.H.; COSTA, J.A.S.; BERNARDI, J.A.; COELHO, J.L.O.; SILVEIRA, G.M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**. Campinas, SP. v.48, n.2, p.249-62. 1989.

LAN, Y.; KOCHER, M. F.; SMITH, J. A. Opto-electronic sensor system for laboratory measurement of planter seed spacing with small seeds. **Biological Systems Engineering: Papers and Publications**, p. 162, 1999.

LAURIANO, S. M.; SILVA, P. R. A.; SOUSA, S. F. G.; PALUDO, V.; CORREIA, T. P. S. Coeficiente de variação na deposição de sementes e fertilizantes segundo metodologia da inspeção periódica de semeadoras (IPS). In: XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2016, Bento Gonçalves - Rs. **Anais...** . Bento Gonçalves - Rs: Cns, 2016.

MAHL, D. Desempenho de semeadoras-adubadoras de milho (zea Mays l.) Em sistema de plantio direto. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” - Botucatu, 2002.

MAHL, D.; FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A. Efficiency of pneumatic and horizontal perforated disk meter Mechanism in corn no-tillage seeders in soil with diferente Mobilization reports. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.535-542, jul./set. 2008.

MARCOS FILHO, J. Produção de sementes de soja. Campinas: Fundação Cargill, 1986.

MANTOVANI, E. C.; MANTOVANI, B. H. M.; CRUZ, I.; MEWES, W. L. de C.; OLIVEIRA, A. C. de. Desempenho de dois sistemas distribuidores de sementes utilizados em semeadoras de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, 34(1): p. 93-98, jan. 2000.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. Densidade de plantas e características agronômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 2, p: 93-101, 2005.

MARONI, J.; ANSEJO, F.; GARGICEVICH, A.; GONZÁLEZ, C. Velocidad de emergencia del maíz: prestaciones de diferentes órganos para el contactado semilla-suelo durante la siembra. In: BARBOSA, O.A. (ed.). Avances en ingeniería agrícola 2003-2005. San Luis: CADIR 2005, p. 9-14. 2005.

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; ANTUNES, J. F. G.; OLIVEIRA, M. D. M.; OKAWA, H.. CUSTOS: SISTEMA DE CUSTO DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 24, n. 9, p.97-122, set. 1994.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P.F.; TOLEDO, P.E.N. de; DULLEY, R.D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I.A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, p. 123-139, 1976.

MATTAR, D. M. P. Influência do deslizamento da roda motora de uma semeadora/adubadora de plantio direto no espaçamento longitudinal de sementes

de milho. 2010. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2010.

MCROBERTS, M. Arduíno Básico. Novatec Editora. São Paulo: Novatec, 2011.

MELO, R. P.; ALBIERO, D.; MONTEIRO, L. A.; SOUZA, F. H.; SILVA, J. G.
Qualidade na distribuição de sementes de milho em semeadoras em um solo cearense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 94-101, jan-mar, 2013.

MENEGATTI, A. L. Custos de produção para soja comercial e transgênica a luz das metodologias utilizadas pelos órgãos públicos no Brasil e nos Estados Unidos: um estudo para o Mato Grosso do Sul. 2006 123 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas para plantio. Campinas: Editora Millennium, 1 edição, 2012, 648 p.

MOLIN, J. P. AMARAL, L R; COLAÇO, A. **Agricultura de precisão**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

MOORE, S. H. Uniformity of planting effect on soybean population parameters. *Crop Science*, Madison, v. 31, n. 4, p. 1049-1051, 1991.

MOLIN, J. P. AMARAL, L R; COLAÇO, A. **Agricultura de precisão**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

MOLIN, J. P.; CHANG, C. S. Desenvolvimento e testes de dosador vertical para semeadora de precisão. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 18-30, 1992.

MOLIN, J. P.; FRASSON, F. R.; AMARAL, L. R.; POVH, F. P.; SALVI, J. V.
Capacidade de um sensor ótico em quantificar a resposta da cana-de-açúcar a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, V.14, N.1, P.1345-1349, 2010.

MONICO, J. F. G.; PÓZ, A. P.; GALO, M.; SANTOS, M. C.; OLIVEIRA, L. C. ACURÁCIA E PRECISÃO: REVENDO OS CONCEITOS DE FORMA ACURADA. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 15, no 3, p.469-483, jul-set, 2009.

MURRAY, J. R.; TULLBERG, J. N.; BASNET, B.B. Planters and their Components: types, attributes, functional requirements, classification and description. **ACIAR Monograph**, nº 121. University of the Queensland, Australia, 178p. 2006.

NORRIS, T. Agricultura de Precisão: as 5 tecnologias mais usadas. 2015. Disponível em: < <http://www.agrotec.pt/noticias/agricultura-de-precisao-as-5-tecnologias-mais-usadas/>>. Acesso em: 01/09/2017.

OJIMA, A.L.R.O.; MIGUEL, F. B.; BARVARO, I. M.; TICELLI, M. Análise econômica da produção de soja, município de Guaíra, Estado de São Paulo, safra 2005/06. In: congresso da sober, Londrina. **Conhecimentos para a agricultura do futuro**. Londrina: UEL, Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2007. 1 CD-ROM.

OURIQUE, N. Saiba a importância das tecnologias no campo. 2015. Disponível em: <<http://blogrural.niloimoveis.com.br/2015/02/saiba-a-importancia-das-tecnologias-no-campo/>> Acessado em 16/01/2018.

PACHECO, E. P.; MONTOVANI, E. C.; MARTYN, P. J.; OLIVEIRA, A. C. Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 3, p. 209-214, 1996.

PASCOAL, M. L. L.; RUSSINI, A.; MARTINS, L. D. N.; GALAFASSI, C.; VARGAS, R. R.; PAIM, P. F. E. Sistema de monitoramento eletrônico para semeadura. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 8, n. 2, 2016.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Cultivo do milho: plantio, espaçamento, densidade, quantidade de sementes. In: Comunicado Técnico n.46, Sete Lagoas, EMGRAPA/CNPMS, 2002, 6p.

PIMENTEL, G. F.; GARCIA, C. H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativo.

Piracicaba: Fealq, 2002.

PINHEIRO, R. Agricultura de Precisão: estudos de uma tecnologia favorável, na suscitação de melhoras na qualidade de técnicas empregadas no campo por José Paulo Molin. RECoDAF – **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, v. 2, n. 1, p. 53-71, jan./jun. 2016.

PEIXOTO, C.P. Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja (*Glycine max* (L) Merrill) em três épocas de semeadura e três densidades de plantas. Tese 1998. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

PIRES, J.L.F.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.4, n.2, p.183-188, 1998.

PORTELLA, J.A. Semeadoras para plantio direto. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 252p.

REIS, A. V.; FORCELLINI, F. A. Identificação de requisitos de clientes para o projeto de um dosador de precisão para sementes miúdas. **Revista Engenharia agrícola**, Jaboticabal, v.26, n. 1, p. 309-320, jan./abr. 2006.

REIS, A.V. MACHADO, A.L.T. BISOGNIN, A. Avaliação do desempenho de três mecanismos dosadores de sementes de arroz com vistas à semeadura de precisão **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.13, n.3, p. 393-398, 2007.

REYNALDO, E. F.; MACHADO, T. M.; TAUBINGER, L.; QUASROS, D. Influência da velocidade de deslocamento na distribuição de sementes e produtividade de soja. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa - MG, V.24 N.1, JAN / FEV., 2016.

RIBEIRO, A. H. B. Sensor óptico de vazão mássica para fertilizante granular. Dissertação, (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2017, 52P.

RITCHIE, S. W. et al. How a soybean plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1994.

ROS, V.V.; SOUZA, C.M.A.; VITORINO, A.C.T.; RAFULL, L.Z.L. Oxisol resistance to penetration in no-till system after sowing. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 6, p. 1104-1114, 2011.

SÁ, T. E. Automatização das descargas dos mictórios. Monografia, (Tecnólogo em Manutenção Industrial), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2011, 44p.

SANTOS, A. J. M.; GAMERO, C. A.; OLIVEIRA, R. B.; VILLEN, A. C. Análise espacial da distribuição longitudinal de sementes de milho em uma semeadora-adubadora de precisão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 16-23, 2011.

SANTOS, S. R.; PEREIRA, J. O.; FEY, E.; WEIRICH NETO, P. H.; GOMES, J. A. Análise da relação entre sementes de milho e orifícios de discos dosadores horizontais através de imagens. In: CONGRESSO E MOSTRA DE AGROINFORMÁTICA, 2000, Ponta Grossa – Paraná. **Anais...** : Infoagro, 2000.

SEIDL, K.; FICHTINGER, G.; KAZANZIDES, P. Optical Measurement of Needle Insertion Depth. Biomedical Robotics and Biomechatronics, 2006. BioRob 2006. The First IEEE/RAS-EMBS International Conference on. IEEE, 2006.

SEIDLER, E. P. FRITZ FILHO, L. F. A evolução da agricultura e o impacto gerado pelos processos de inovação: um estudo de caso no município de coxilha-rs. **Economia. e Desenvolvimento**, Santa Maria, vol. 28, n.1, p. 388 - 409, jan. – jun. 2016.

SILVA, R. F. A.; COSTA, J. A. D. Sensor por reflexão difusiva com múltiplas faixas de detecção e com saída binária sequencial. VIII Semetro. João Pessoa, PB, Brazil, June 17 – 19, 2009.

SILVA, M. C.; GAMERO, C. A. Qualidade da operação de semeadura de uma semeadora- adubadora de Plantio direto em função do tipo de martelete e velocidade de deslocamento. **Revista Energia na Agricultura**. Botucatu, SP. v. 25, n. 01, p. 85-102, 2010.

SILVA, P. R. A.; PALUDO, V.; SOUSA, S. F.; CORREIA, T. P. S.; ANTUNIASSI, U. Inspeção Periódica de Semeadoras. XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016, Florianópolis - SC, Brasil. 2016.

SILVA, N. J. S. Espaçamento e população de plantas de milho consorciado com *Brachiaria brizantha*. TESE (doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 48F. 2013.

SILVA, R. P.; CAMPOS, M. A. O.; MESQUITA, H. C. B.; ZABANI, S. Perdas na colheita mecanizada de milho no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG. Fazu em Revista. Uberaba, v.1, n.1, p.3-10, 2004.

SILVA, P. R. A.; TAVARES, L. A. F.; SOUSA, S. F. G.; CORREIA, T. P. S. Rentabilidade na semeadura cruzada da cultura da soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.19, n.3, p.293–297, 2015.

SIQUEIRA, R. MILHO: Semeadoras-adubadoras para sistema plantio direto com qualidade. In:NIX Seminário Nacional de Milho Safrinha, Dourados- MS, novembro de 2007.

SOUSA, S. F. G.; DIAS, P. P.; TAVARES, L. A. F.; CORREIA, T. P. S.; SILVA, P. R. A. Comparison of three-led and four-led seed sensor technologies for monitoring corn, soybeans, and sorghum sowing. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 32, n.1, p.8-11, janeiro-março, 2017.

SOUZA, R.; TEIXEIRA, I.; REIS, E.; SILVA, A. Soybean morphophysiology and yield response to seeding systems and plant populations. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, v. 76, n. 1, p. 3-8. 2016.

SOUSA, S. F. G.; TAVARES, L. A. F.; CORREIA, T. P. S.; PALUDO, V.; SILVA, P. R. A. Avaliação no monitoramento de semeadura de soja com diferentes velocidades e populações de sementes. In: **XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014**, Campo Grande – MS, SBEA, 2014.

STORCK, L.; MODOLO, A. J.; BRUM, B.; TROGELLO, E.; FRANCHIN, M. F.; ADAMI, P. F. Medida de regularidade do espaçamento de plantas de milho em diferentes sistemas de manejo. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Jan 2015. v.19, n.1, p.39–44, 2015.

SCHIMANDEIRO, A.; WEIRICH NETO, P. H.; GIMENEZ, L. M.; COLET, M. J.; GARBUIO, P. W. Distribuição longitudinal de plantas de milho (*Zea mays* L.) na região dos Campos Gerais, Paraná. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.36, n.3, p.977-980, 2006.

SWISHER, D.; BORGELT, S.; SUDDUTH, K. Optical sensor for granular fertilizer flow rate measurement. Transactions of the ASAE, **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 45, n. 4, p. 881, 2002.

TAVARES, L. A. F.; SOUSA, S. F. G.; PALUDO, V.; CORREIA, T. P. S.; SILVA, P. R. A. Avaliação de diferentes sensores para monitoramento de semeadura. In: **XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014**, Campo Grande – MS, SBEA, 2014.

TOURINO, M. C. C.; REZ, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p.1071-1077, ago. 2002.

TOMAZINI, D.; **Sensores Industriais**, 1ª edição, 2005.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. Sensores Industriais Fundamentos e Aplicações. Editora Érica, 4 ed. São Paulo, Brasil, 2007.

UMEZU, C.K.; CAPPELLI, N.L. Desenvolvimento e avaliação de um controlador eletrônico para equipamentos de aplicação de insumos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p.225-230, 2006.

VEIGA, J. P. S. Acompanhamento de campo de equipamentos da empresa AGR Agricultura de precisão para adubação a lanço, correção do solo, adubação de semeadura e desenvolvimento de mercado dos equipamentos para diversas culturas agrícolas. Piracicaba - Sp: Departamento de Engenharia Rural - Usp, 2006. 16 p.

WEIRICH NETO, P. H.; FORNARI, A. J.; JUSTINO, A.; GARCIA, L. C. QUALIDADE NA SEMEADURA DO MILHO. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.1, p.171-179, jan./fev. 2015.

WEBER, C. R.; SHIBLES, R. M.; BYTH, D. E.. Effect of plant population and row spacing on soybean development and production. *Agronomy Journal*, Madison, **American Society of Agronomy**. v. 58, n. 1, p. 99-102, 1966.

ZHANG, N.; SUN, Y.; WANG, N., WANG, M.; LOUGHIN, T., Effectiveness of a polarized laser light for measuring soil moisture content. *Transactions of the ASAE* 43, p.1963–1968, 2000.

ZHU, G. LOU, L. N.; WANG, X. Q.; LUO, J. Design for pellet measurement system based on tcd1206. In: TRANS TECH PUBL. **Applied Mechanics and Materials**. v. 40, p. 21–26, 2011.