

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS CACHOEIRA DO SUL
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Ricardo Oliano de Carvalho

**DESEMPENHO DE MECANISMOS DOSADORES DE PRECISÃO
QUANTO A QUALIDADE DA DISTRIBUIÇÃO DE SEMENTES DE
SOJA**

Cachoeira do Sul, RS
2020

Ricardo Oliano de Carvalho

**DESEMPENHO DE MECANISMOS DOSADORES DE PRECISÃO QUANTO A
QUALIDADE DA DISTRIBUIÇÃO DE SEMENTES DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria Campus Cachoeira do Sul (UFSM-CS, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Engenheiro Agrícola**.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Rodrigo Francetto

Cachoeira do Sul, RS
2020

Ricardo Oliano de Carvalho

**DESEMPENHO DE MECANISMOS DOSADORES DE PRECISÃO QUANTO A
QUALIDADE DA DISTRIBUIÇÃO DE SEMENTES DE SOJA**

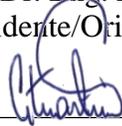
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Agrícola, da
Universidade Federal de Santa Maria Campus
Cachoeira do Sul (UFSM-CS, RS), como
requisito parcial para a obtenção do título de
Engenheiro Agrícola.

Aprovado em 10 de Julho de 2020:



Tiago Rodrigo Francetto

Prof. Dr. Eng. Agrícola
(Presidente/Orientador)



Alfran Tellechea Martini

Prof. Dr. Eng. Agrônomo - UFSM



Antônio Liles Tavares Machado

Prof. Dr. Eng. Agrícola - UFPel

Cachoeira do Sul, RS

2020

AGRADECIMENTOS

A realização deste T.C.C. só foi concretizada pela dedicação, compreensão, auxílio, afeto e carinho de diversas pessoas, assim, agradeço:

Aos meus pais, **Geraldo Rony Martins de Carvalho (in memorian)** e **Elizabeth Oliano de Carvalho** e também a minha avó materna **Henriqueta Araújo Oliano (in memorian)** pela criação, educação, paciência, conselhos, carinho e incentivo em todos os momentos da minha vida.

As minhas irmãs **Rita Elaine Oliano de Carvalho** e **Marta Helena Oliano de Carvalho** e ao irmão **Marcelino Oliano de Carvalho**, pelos exemplos de pessoa e amizade em todos os momentos da vida.

A minha namorada e amada **Suelen Dametto Zanchettin** pelo amor, companheirismo, paciência e incentivo durante a minha longa trajetória.

Ao professor doutor e orientador **Tiago Rodrigo Francetto** pela pessoa que é acima de tudo, acolhida em minha chegada à UFSM-CS, suporte, críticas construtivas, positividade sempre, aspectos que auxiliam e muito no desenvolvimento profissional e pessoal de qualquer orientado.

Aos professores doutores “Lilles”, **Antônio Lilles Tavares Machado** e **Roberto Lilles Tavares Machado** por fazerem parte da minha história na Universidade Federal de Pelotas-RS, onde dei início no curso de Engenharia Agrícola e transmitirem seus conhecimentos quando fiz estágio no NIMEQ-FAEM.

Ao professor doutor **Alfran Tellechea Martini** por toda sua dedicação, incentivo e amizade criada na UFSM-CS.

À amiga **Cristiane Deuner** e aos amigos **Miguel Borges Machado** e **Anderson Amauri da Costa Guarise**, pelo incentivo para a realização deste curso e sempre confiarem em meu potencial, estendendo a mão nos momentos mais difíceis.

À alguns novos amigos e colegas do LASERG, em especial **Dauto Pivetta Carpes**, **Rafael Becker**, **Tiago Lopes**, **Vitor Scherer** e **Wagner Silveira** pois, auxiliaram na execução deste trabalho; sem eles não teria sido possível esta conquista.

RESUMO

DESEMPENHO DE MECANISMOS DOSADORES DE PRECISÃO QUANTO A QUALIDADE DA DISTRIBUIÇÃO DE SEMENTES DE SOJA

Autor: Ricardo Oliano de Carvalho

Orientador: Tiago Rodrigo Francetto

Para o crescimento da produção e exportação brasileira da soja, é necessário a utilização de equipamentos apropriados e de qualidade que atendam a demanda com eficiência. Na atualidade e futuramente, a agricultura será cada vez mais tomada pelo avanço da tecnologia, em um constante desafio em que o tempo, relacionado à chance de acertar no ciclo de semeadura e vinculado à capacitação humana, vai de contraponto a alcançar o aumento da população e a necessidade por alimentos. Objetivou-se comparar o desempenho de dosadores de disco alveolar horizontal na distribuição de sementes de soja analisando os espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, com a influência da velocidade de deslocamento e a densidade de semeadura, além da eficiência destes equipamentos relativo à precisão e a acurácia. O experimento foi realizado no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas, LASERG, na Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC), com arranjo tri-fatorial $2 \times 4 \times 4$ em 3 repetições, totalizando 96 unidades experimentais, sendo os fatores dosador (A e B), velocidade de deslocamento (3, 5, 7 e 9 km h^{-1}) e a densidade de semeadura (12; 14; 16 e 18 sem m^{-1}). Utilizou-se na coleta de dados a Bancada de Ensaio de Dosadores (BEDOSA), onde foram acoplados os dosadores equipados com disco dosador de 90 orifícios. Conclui-se que a melhor regulagem é a velocidade de trabalho $V1=0,83 \text{ m s}^{-1}$ e a densidade de semeadura $D2=14 \text{ sem m}^{-1}$, pois apresentam os melhores desempenhos para estes dosadores.

Palavras-chave: Soja. Semeadura de precisão. Máquina agrícola. Ensaio em laboratório.

ABSTRACT

PERFORMANCE OF PRECISION SEED METERING FOR THE QUALITY OF SOY SEED DISTRIBUTION

Author: Ricardo Oliano de Carvalho

Advisor: Tiago Rodrigo Francetto

For the growth of Brazilian soybean production and exports, it is necessary to use appropriate and quality equipment that efficiently meets the demand. Nowadays and in the future, agriculture will be increasingly taken by the advancement of technology, in a constant challenge in which time, related to the chance of getting the sowing cycle right and linked to human training, goes counterpoint to reaching the population increase and the need for food. The objective was to compare the performance of seed plate metering in the distribution of soybean seeds by analyzing the acceptable, multiple and flawed spacing, with the influence of the displacement speed and the sowing density, in addition to the efficiency of these equipment regarding their precision and their accuracy. The experiment was carried out at the Agricultural Machinery Research and Development Laboratory, LASERG, at the Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. The design was completely randomized (CRD- Completely Random Design), with a 2x4x4 tri-factorial arrangement in 3 repetitions, totaling 96 experimental units, with the dosing factors (A and B), displacement speed (3, 5, 7 and 9 km h⁻¹) and the sowing density (12; 14; 16 and 18 without m⁻¹). The Stand for Seed Metering Test (BEDOSA) was used for data collection, where these equipped with a 90-hole dosing disc were coupled. It is concluded that the best adjustment is the forward speed $V1 = 0.83 \text{ m s}^{-1}$ and the sowing density $D2 = 14 \text{ seed m}^{-1}$, as they present the best performances for these seed metering.

Key words: Soybean. Precision seeding. Agricultural machine. Laboratory testing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Constituição básica de um mecanismo dosador alveolar, expondo as três seções do trajeto das sementes e os elementos básicos que compõem a dosagem Vista explodida de dosador de disco alveolar horizontal.....	15
Figura 2 – Vista explodida das partes constituintes do mecanismo dosador de disco horizontal com alvéolos periféricos.	16
Figura 3 – Bancada de Ensaio de Dosadores (BEDOSA) e esteira.	24
Figura 4 – Tubo condutor de sementes.....	26
Figura 5 – Dosador de disco horizontal (A).....	27
Figura 6 – Dosador de disco horizontal (B).	27
Figura 7 - Interação do Fator dosador (F1) e Fator velocidade de deslocamento (F2) para a variável aceitáveis.	32
Figura 8 - Interação do Fator dosador (F1) e Fator densidade de semeadura (F3) para a variável aceitáveis.....	34
Figura 9 - Superfície de resposta da variável aceitáveis.....	35
Figura 10 – Interação do Fator dosador (F1) e Fator velocidade de deslocamento (F2) para a variável múltiplos.	36
Figura 11 – Interação do Fator dosador (F1) e Fator densidade de semeadura (F3) para a variável múltiplos.	38
Figura 12 – Superfície de resposta da variável múltiplos.	39
Figura 13 – Reação da variável falhos em função da interação dos dosadores com a velocidade de deslocamento.....	40
Figura 14 – Reação da variável falhos em função da interação dos dosadores com a densidade de semeadura.	42
Figura 15 – Superfície de resposta da variável falhos em função da interação da velocidade de deslocamento com a densidade de semeadura.	43
Figura 16 – Interação do Fator dosador (F1) e velocidade de deslocamento (F2) para a variável precisão.	44
Figura 17 – Superfície de resposta da variável acurácia em função da interação da velocidade de deslocamento com a densidade de semeadura.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos fatores experimentais e seus respectivos níveis.....	23
Tabela 2 - Densidades de semeadura teórico e as respectivas velocidades de deslocamento do disco dosador e as frequências necessárias para alcançá-las.....	25
Tabela 3 - Valores ideais teóricos para as classificações definidas em espaçamentos em aceitáveis, múltiplos e falhos.....	28
Tabela 4 - Análise estatística com médias dos fatores, níveis e os resultados do teste F.	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVO GERAL	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. SEMEADURA.....	13
2.1.1 Semeadora.....	13
2.1.2 Dosadores.....	14
2.2. REGULAGENS.....	18
2.2.1 Velocidade de deslocamento.....	18
2.2.2 Densidade de semeadura.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 VARIÁVEL ACEITÁVEIS.....	32
4.2 VARIÁVEL MÚLTIPLOS.....	36
4.3 VARIÁVEL FALHOS.....	40
4.4 VARIÁVEL PRECISÃO.....	44
4.5 VARIÁVEL ACURÁCIA.....	46
5. CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

A humanidade passou por diversos conflitos causados por crises alimentares e entre outros. Segundo a FAO (2018), através do Relatório Global sobre Crises Alimentares, cerca de 124 milhões de pessoas em 51 países foram afetadas pela aguda insegurança alimentar durante 2017, 11 milhões de pessoas a mais do que em 2016, o que pode ser atribuído, em parte, à intensificação de conflitos em países. Além destas crises, no mesmo período a seca afetou colheitas em países no leste e sul da África os quais enfrentam altos níveis de insegurança alimentar. O relatório define a insegurança alimentar aguda como uma fome tão grave que representa uma ameaça imediata a vidas ou meios de subsistência.

Apesar de todo o incremento na produção agrícola, no final dos anos 1960, a população estava crescendo duas vezes mais rápido que a oferta de alimentos por todo o mundo em desenvolvimento (STANDAGE, 2010). Desde a Revolução Industrial, na primeira metade do século XIX, a mecanização começa a ser palavra de ordem, ainda que só se estenda à indústria e à agricultura (FREEMAN e PEREZ, 1988). A escassez de mão de obra no campo estimulou a necessidade de invenções para alavancar a produção de alimentos. Os países mais desenvolvidos do mundo passaram por transformações tecnológicas devido aos reflexos dos conflitos. Estas consequências resultaram no êxodo rural, em que diminuiu o número de camponeses efetuando atividades agrícolas, fato que também foi acrescentado pelo desenvolvimento, fomentando o aumento da mecanização agrícola.

Uma grande revolução alimentar foi ocasionada pelo início da cultura da soja. De acordo com a Associação Brasileira dos Produtores de Soja (APROSOJA, 2020), o grão como alimento existe há mais de 5.000 anos, e já era utilizado pelos chineses na agricultura como alternativa ao abate de animais. Após a Primeira Guerra Mundial, esta comódite torna-se um item de comércio exterior importante, sendo criada a American Soybean Association (ASA), consolidando a cadeia produtiva da soja mundial, a qual é importante para a segurança alimentar de muitas nações.

A soja (*Glycine max*) entrou no Brasil no início do século XX oriunda do continente asiático. Seu cultivo é de clima temperado e através de instituições de pesquisa obteve um desenvolvimento no seu melhoramento genético, oferecendo uma gama de variedades adaptadas a diferentes solos das regiões brasileiras, clima e condições específicas de latitude. Conforme a CONAB (2020) a área estimada para a safra 2019/2020 foi de 65.109,8 mi hectares,

representando um incremento de 2,9% na área semeada em comparação à safra passada. A cultura da soja ocupa atualmente 36,8 mi hectares nas áreas de cultivos de grãos no Brasil, ou seja, em torno de 80% da área agrícola total de 45,5 mi hectares semeados no país em culturas de verão (primeira safra), enquanto os Estados Unidos a estimativa é de 10% de acréscimo para a área semeada de soja na safra de 2020, totalizando 33,7 mi hectares (United States Department of Agriculture, USDA, 2020). Os resultados desta comódite agrícola na safra 2019/2020 apontam para produtividades na safra 2019/2020 variaram de 55 sacas/ha a 84 sacas/ha em algumas propriedades brasileiras que apresentam níveis consideráveis de investimentos (COMPRE RURAL, 2020).

A produção estimada para a safra 2019/2020 de soja foi de 122,1 milhões de toneladas, um recorde na série histórica, isto a apesar da quebra de safra no Rio Grande do Sul por causa da seca, considerando este estado como o segundo maior produtor de soja na safra passada. Sobretudo, no Brasil, pelas melhores condições climáticas em diversos estados produtores, valores que na safra de 2018/2019, foram 114,843 milhões t produzidas em 35,822 mi hectares cultivados.

Em 2016, só a soja (grão, farelo e óleo) injetou cerca de US\$ 28 bilhões na balança comercial brasileira, assegurando o superávit do agronegócio, apesar da queda nas exportações de produtos industrializados, devido à crise econômica; este valor chegou em 2019 a US\$ 31,6 bilhões relacionados a produtos do complexo de soja exportados (AGROSTAT, 2020). Em um mundo no qual ocorrem muitos desequilíbrios, onde se tem super safras e recordes de exportações de mercadorias ano a ano, milhões de pessoas sofrem na pobreza, com insuficiência alimentar e com renda muito abaixo do esperado, o que limita o acesso aos produtos alimentícios. Segundo a EMBRAPA (2016), o Brasil exporta diretamente cerca de 40% de toda a soja produzida, percentual que aumentou na atualidade e chega a 46,35% (AGROSTAT, 2020), o restante é consumido ou processado no país.

A partir da análise de crescimento da produção e exportação brasileira da soja, faz-se necessário a utilização de equipamentos apropriados e de qualidade que atendam a demanda com eficiência. Na atualidade e futuramente, a agricultura estará cada vez mais sendo tomada pelo avanço da tecnologia, em um constante desafio em que o tempo relacionado à chance de acertar no ciclo de semeadura e vinculado à capacitação humana, vai de contra ponto a alcançar o aumento da população e a demanda por alimentos. Esta tecnologia adequada às operações de

semeadura é, segundo Silva (2015), denominada semeadora adubadora de precisão as máquinas que realizam a semeadura e adubação de culturas de sementes graúdas (como soja ou milho), cujas sementes são depositadas, uma a uma, sendo a distância entre as sementes teoricamente uniforme, resultante do mecanismo dosador-distribuidor e do deslocamento da máquina. Machado et al. (2005) define que as principais funções das semeadoras são: realizar a dosagem das sementes, a abertura do sulco de semeadura, deposição das mesmas no fundo do sulco e colocar uma cobertura com uma camada de terra.

Segundo ABNT (1994), para garantir a distribuição das sementes no sulco conforme recomendações pré-estabelecidas para cada cultura, os mecanismos dosadores são responsáveis por retirá-las uma a uma ou em grupos do reservatório, assim distribuindo-as sem danificá-las. Conforme Moreira (2018), os dosadores de sementes de discos alveolados são mecanismos que normalmente possuem uma base fundida, a qual sustenta um eixo composto de um pinhão e uma coroa de acionamento, que por sua vez aciona o dosador. Vários são os fatores operacionais e as características de projeto que influenciam no desempenho de semeadoras adubadoras, em especial nas de precisão, quanto à uniformidade de distribuição longitudinal de sementes (SILVA, 1997). Segundo Kurachi et al. (1989) as normas, procedimentos de ensaio e trabalhos de pesquisa, indicam a regularidade de distribuição longitudinal de sementes como sendo uma das características operacionais de semeadoras que mais somam para a obtenção de um número aceitável de plantas em uma determinada área (densidade de semeadura) e, resultando melhor produtividade.

1.1 OBJETIVO GERAL

Comparar o desempenho de dosadores de disco alveolar horizontal na distribuição longitudinal de sementes de soja em laboratório, analisando a porcentagem de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, com a variação da velocidade de deslocamento e da densidade de semeadura, bem como a eficiência dos dosadores com relação a ensaios complementares, relativo à precisão e a acurácia.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. SEMEADURA

2.1.1 Semeadora

A semeadura foi uma das primeiras operações agrícolas a serem mecanizadas, após a invenção e desenvolvimento de inúmeros utensílios manuais que, ainda hoje, são utilizados em pequenas áreas de cultivos (MIALHE, 2012). De acordo com Navid et al. (2011) pequenos erros sutis na semeadura podem provocar prejuízos irreversíveis no estande de plantas e, logo, na produtividade de grãos.

A excelência da semeadura está diretamente associada à produtividade das culturas, cujo processo deve ser realizado dentro de elevados padrões de qualidade e precisão, para garantir um estande apropriado de plantas e, conseqüentemente, o sucesso na implantação da lavoura (SCHMIDT et al., 1999).

A semeadura da soja é realizada principalmente através da semeadura direta, também denominada de cultivo direto. Nessa estratégia, realiza-se a deposição das sementes no solo sem que esse tenha recebido previamente qualquer forma de revolvimento, para esse fim, costumam ser utilizadas semeadoras adubadoras (UHRY, 2013). É importante considerar que certos fatores como espaçamento, velocidade de deslocamento e densidade de semeadura tendem a interferir nos resultados obtidos (POSSEBOM, 2011).

Essas semeadoras podem ser classificadas em quatro grupos principais quanto a distribuição de sementes: semeadura e adubação em linha, semeadura e adubação a lanço, semeadora em linha de precisão e semeadora em linha de fluxo contínuo (MACHADO et al., 2005). Essas últimas semeadoras caracterizam-se por serem máquinas agrícolas que, segundo a densidade de semeadura pré-estabelecida, depositam as sementes em sulcos, a distâncias regulares, em grupos ou uma a uma (ABNT, 1996). Assim, são responsáveis por vários processos, tais como: corte de palha, abertura de sulco, deposição de sementes e fertilizantes, fechamento e compactação do sulco (BALASTREIRE, 2005).

No Brasil, as semeadoras de precisão mais utilizadas são as que apresentam sistemas de dosadores mecânicos. A relação de espaçamento entre as plantas é diretamente influenciada

pelo sistema dosador de sementes e pela velocidade de operação (MIALHE, 2012). As semeadoras modernas adaptam-se a diferentes condições de trabalho, pois contam com regulagens distintas e, também, com a substituição de discos que atendem a diversas culturas.

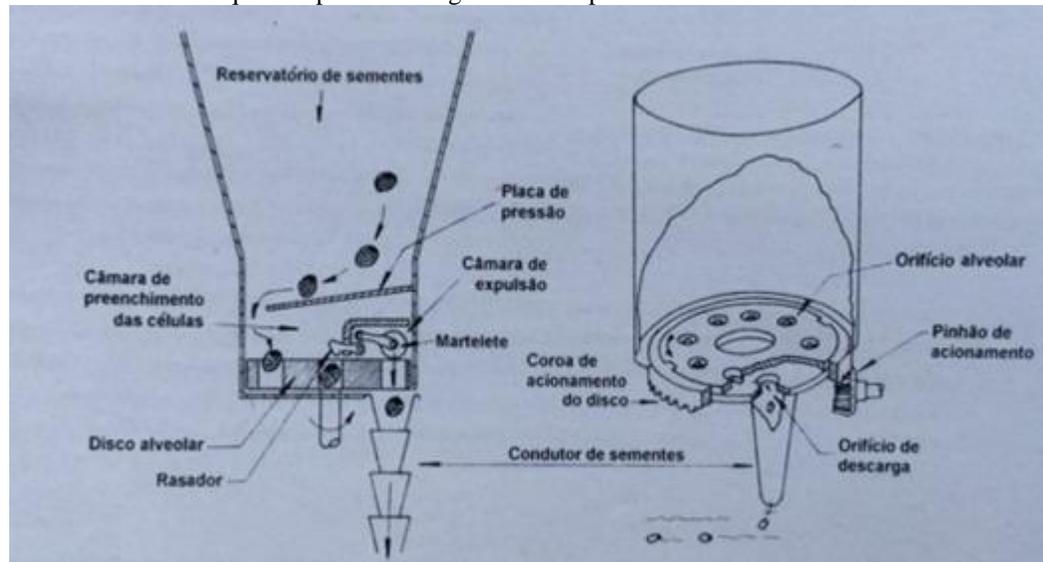
2.1.1 Dosadores

Ogliari (1990 apud Reis, 2003) cita que os mecanismos dosadores de precisão são classificados em dois grupos principais: os mecânicos, em que a tecnologia de dosagem é baseada em princípios mecânicos, e os mecânicos pneumáticos, quando estão associados aos princípios mecânicos efeitos de sucção ou de pressão de ar.

O principal mecanismo dosador utilizado nas semeadoras de precisão é o do tipo disco horizontal com orifícios. Silva (2003) destaca que esse tipo de mecanismo dosador encontra-se presente em 77,3% do total das semeadoras nacionais de tração mecânica. Francetto et al. (2015), salientam que os dosadores mecânicos compunham 79,57% das semeadoras comercializadas no Brasil. A maior comercialização destes equipamentos pode estar relacionada por seu menor custo econômico de aquisição por linha e componentes com manutenção mais acessível.

Segundo Mialhe (2012), o disco dosador alveolar horizontal (Figura 1) é um elemento do mecanismo dosador, composto por um disco ou coroa circular, equipado com alvéolos para alojamento temporário das sementes. No entanto, este mecanismo é responsável pela dosagem de sementes, que com alvéolos em seu contorno, realiza a ação em plano horizontal, estando localizado baixo do reservatório de sementes. Segundo Vianna (2013) de acordo com o tipo de semente e densidade de semeadura recomendada para a cultura em questão, os alvéolos do disco dosador podem apresentar configurações variadas de formato, número e tamanho variados. Para obter diferentes densidades de semeadura, pode-se usar a combinação de diferentes números, diâmetro de alvéolos e velocidades angulares do disco dosador (SINGH et al., 2015).

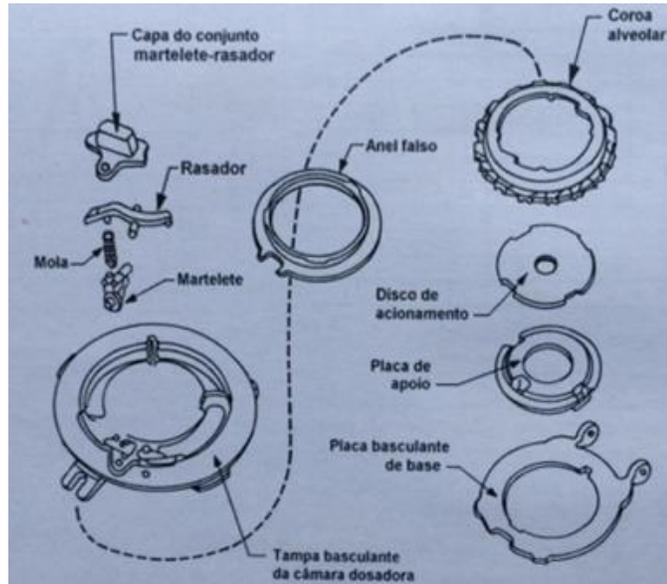
Figura 1 – Constituição básica de um mecanismo dosador alveolar, expondo as três seções do trajeto das sementes e os elementos básicos que compõem a dosagem Vista explodida de dosador de disco alveolar horizontal.



Fonte: Adaptado de Mialhe e Santos (1968).

No entanto, este mecanismo é responsável pela dosagem de sementes, que com alvéolos em seu contorno (Figura 2), realiza a ação em plano horizontal, estando localizado baixo do reservatório de sementes. Segundo Vianna (2013) de acordo com o tipo de semente e densidade de semeadura recomendada para a cultura em questão, os alvéolos do disco dosador podem apresentar configurações variadas de formato, número e tamanho variados. Para obter diferentes densidades de semeadura, pode-se usar a combinação de diferentes números, diâmetro de alvéolos e velocidades angulares do disco dosador (SINGH et al., 2015).

Figura 2 – Vista explodida das partes constituintes do mecanismo dosador de disco horizontal com alvéolos periféricos.



Fonte: Adaptado de Breece, et al (1975).

Nos dosadores alveolares horizontais, para que as sementes sejam encaminhadas ao tubo de descarga em direção ao solo (sulco de semeadura), elas preenchem os alvéolos do disco dosador após saírem do reservatório, onde são retidas e separadas das demais (massa de sementes) de onde são expulsas. Para que haja um bom desempenho deste mecanismo, a velocidade angular e a velocidade de deslocamento devem ser proporcionais através das engrenagens ou rodas dentadas de transmissão (MIALHE, 2012). Porém, Balastreire (2005) cita que é muito difícil obter uma combinação de disco que consiga total individualização das sementes conforme as culturas e cultivares utilizadas. Silva & Gamero (2010) relatam que a fim de aperfeiçoar a distribuição longitudinal de sementes e a sua qualidade da deposição, inovações tecnológicas estão ocorrendo nos mecanismos dosadores.

Segundo Reis (2001), o mecanismo dosador é complexo e bastante sensível às variações dos parâmetros de projeto e condições de operação. Este autor analisou estudos científicos o que lhe permitiu identificar vários fatores que interferem no desempenho dos mecanismos dosadores, sendo eles: características das sementes, relação de tamanho e forma entre as células e as sementes, velocidade do componente rotativo, desgaste dos componentes mecânicos, regulagens, melhoradores de fluxo, geometria do reservatório de sementes, conformidade de fabricação e o desempenho de mecanismos auxiliares.

Com relação ao desempenho, Coelho (1996) indica para semeadoras compostas com dosadores pneumáticos resultados de distribuição longitudinal de sementes acima de 90% de aceitáveis, e para semeadoras com dosadores de discos alveolar horizontal acima de 60%. Já para Torino & Klingensteiner (1983), o desempenho da semeadora é dividido em quatro classificações: ótimo é considerado o desempenho de distribuição de espaçamentos aceitáveis de sementes na faixa de 90 a 100%, um bom desempenho entre 75 a 90%, regular está na faixa de 50 a 75% e abaixo de 50% é insatisfatório.

2.2 REGULAGENS

2.2.1 Velocidade de deslocamento

Dentre os fatores que podem afetar a atividade de semeadura, uma das mais importantes variáveis é a velocidade de deslocamento (KURACHI et al., 1989). Delafosse (1986) indica como um fator decisivo na qualidade do processo de semeadura a velocidade de deslocamento do conjunto trator/semeadora.

Cavalcante et al. (2015) afirmam que a distribuição desordenada das sementes está associada ao aumento da velocidade da semeadora, fato que interfere na deposição das sementes no sulco de semeadura. Furlani et al. (2008) ressaltam que o aumento da velocidade de deslocamento na atividade de semeadura pode afetar a qualidade da distribuição longitudinal de sementes, e que para cada tipo de mecanismo dosador tem-se uma faixa ideal de velocidade de trabalho.

Mantovany & Bertaux (1990) notaram que, quando a velocidade de deslocamento aumentava, as semeadoras demonstraram irregularidades na distribuição longitudinal das sementes, ou seja, fora dos limites aceitáveis. Santos et al. (2011) relata que ocorre um aumento dos espaçamentos duplos e falhos nesse processo, o que proporciona espaçamentos fora desses limites. Klein et al. (2002) verificaram que o percentual de espaçamentos duplos e falhos não foram afetados utilizando velocidade de $10,7 \text{ km h}^{-1}$.

Foi verificado que o acréscimo da velocidade de deslocamento de máquina com acionamento mecânico, também conhecida como roda motriz, foi relacionado diretamente à velocidade angular do disco dosador, após avaliação de fatores que interferem na distribuição longitudinal de sementes, a porcentagem de espaçamentos aceitáveis diminuiu (FURLANI et al., 1999; MAHL et al., 2004; GARCIA et al., 2006).

Ainda, nesse sentido, Mahl et al. (2001) observaram que a elevação na velocidade de deslocamento durante a aplicação de sementes de milho sobre solo argiloso ocasionou uma redução no percentual de espaçamentos toleráveis, gerando um aumento nos espaços múltiplos e falhos em decorrência disso, quando avaliaram o desempenho de dois sulcadores distintos operando com três velocidades diferentes de deslocamento.

Diferentemente, Silva (2000) afirma que a velocidade de deslocamento na implantação de culturas de milho e soja não influenciou na uniformidade de distribuição de sementes. Segundo Santos et al. (2003), a porcentagem de enchimento dos discos dosadores será menor quando a velocidade de deslocamento aumentar.

Dias et al. (2009), utilizando dosadores de disco alveolado horizontal, notaram que o percentual de espaçamentos aceitáveis do milho reduziu quando houve o aumento de velocidade de trabalho de 3,5 para 7,0 km h⁻¹. Os mesmos autores ainda observaram que com o aumento na densidade da soja de 8 para 20 sementes por m⁻¹, independente da velocidade de trabalho, reduziu o percentual de espaçamentos aceitáveis e quando a velocidade de deslocamento aumentou, não reduziu expressivamente a densidade de semeadura.

Similarmente, Bonin Acosta (2000) obteve, tanto em condições de laboratório quanto em campo, melhores resultados (desempenho, coeficiente de variação e precisão) ao empregar velocidade de 7,2 km h⁻¹, com uma semeadora de cova. Nesse trabalho foi avaliada a semeadura direta de milho empregando diferentes configurações e dosadores de semente nas velocidades de 5,4; 7,2 e 9,0 km h⁻¹.

Para Mello et al. (2007), na atividade de semeadura do milho com discos alveolados horizontais, utilizaram as velocidades de 5,4; 6,8 e 9,8 km h⁻¹, notaram que quando houve um aumento da velocidade a porcentagem de espaçamentos normais entre as sementes reduziu, resultando no aumento do número de múltiplos e falhos.

A determinação do desempenho e da eficiência do maquinário, como semeadoras e dosadoras, é fundamental para uma boa qualidade de semeadura, pois proporciona uma adequada deposição e distribuição das sementes. Assim, deve-se levar em consideração aspectos como a acurácia e a precisão dos equipamentos empregados no cultivo da soja (DIAS et al., 2014).

A acurácia do maquinário consiste na análise do erro percentual da dosagem de um insumo (MACHADO et al., 2015), que envolve a relação entre uma dosagem experimental com uma meta previamente definida. Shearer et al. (2002), de forma complementar, descrevem a acurácia como sendo a diferença entre a dose real aplicada no campo ou dosagem experimental e a dose de aplicação-meta (dosagem pretendida ou prescrita).

Por outro lado, a precisão se refere ao grau de conformidade entre diferentes observações de um mesmo evento levando em conta uma variável aleatória, cuja dispersão da distribuição de probabilidade pode ser considerada com um indicador da precisão (MIKHAIL; ACKERMANN,

1976). Ademais, Mônico et al. (2009) estabelece que precisão indica o grau de consistência da grandeza mensurada com a média de valores obtidas em outras medições, e ainda cita que a acurácia agrupa tanto a tendência (erros sistemáticos) quanto precisão (erros aleatórios).

Conforme Murray et al. (2006), as semeadoras em linha que dosam semente a uma taxa fixa, devem proporcionar espaçamentos uniformes entre as plantas dado que esse fator influencia na uniformidade da distribuição de sementes ao longo da linha. Além disso, o aspecto que caracteriza a precisão do dispositivo dosador de sementes é a regularidade da distribuição longitudinal (MACHADO et al., 2005).

Cerri (2001) ao avaliar em laboratório o desempenho de um sistema voltado para aplicação calcário, com taxa variável notou que o erro observado entre a quantidade do insumo realmente aplicado e a quantidade desejada manteve-se com um bom nível de acurácia ou erro máximo inferior a 3%. Quando esse percentual é excedido considera-se que o equipamento não está apresentando um desempenho adequado, devendo este ser avaliado ou calibrado de acordo com o resultado almejado.

Ainda, nesse sentido Machado et al. (2015) estudaram o comportamento de semeadora-adubadoras operando à taxa variável, através da meta-análise de dados e verificaram que acurácia permaneceu abaixo de 3 %, de modo estável e sem que houvessem dispersões significativas em apenas um caso, enquanto nos demais houve perda da qualidade com o aumento da dosagem aplicada.

Ademais, Kachman e Smith (1995) obtiveram uma boa precisão de semeadura em um experimento para análise de espaçamentos entre plantas em experimento conduzido em laboratório, tendo detectado o coeficiente de variação máximo de 29 % para o parâmetro de aceitáveis, múltiplos e falhos. Vale ressaltar que valores muito altos para o coeficiente de variação indicam que a precisão do equipamento para semeadura é inadequada.

2.2.2 Densidade de semeadura

A densidade de semeadura representa a quantidade de sementes depositadas por hectare (BALBINOT JUNIOR et al., 2015). Assim, a deposição de sementes é de extrema importância na semeadura, e existem fatores que afetam na qualidade da densidade deste processo. Entre eles estão a regulação das semeadoras (EMBRAPA, 1996), enquanto Pavei (1991) cita a dificuldade do corte da palha, Mantovani & Bertaux (1990) referem-se à velocidade de semeadura (deslocamento da máquina). Já, Santos et al. (1999) apontam a inadequação semente e orifício do disco dosador e Kurachi et al. (1989) ressaltam que o mecanismo dosador e a uniformidade das sementes afetam nas semeadoras-adubadoras.

Calonego et al. (2011) indica que para as plantas otimizarem o recebimento dos recursos naturais, as sementes devem ter uma boa distribuição entre si, de forma equidistante, assim evitando falhos e múltiplos. Em busca de obter melhores resultados significativos na porcentagem de espaçamentos aceitáveis, conseqüentemente diminuindo a deposição de múltiplos e falhos, utiliza-se pó de grafite que altera de forma substancial a fluidez das sementes (REIS; FORCELLINI, 2003).

Carpes (2016) notou que, para se obter maior densidade de semeadura, deve-se aumentar a velocidade angular dos discos dosadores, fato que altera diretamente a condição do método de semeadura, porque a captação de sementes pelos alvéolos apresenta falhas, o que resulta em baixo número de espaçamentos aceitáveis entre elas. Segundo Francetto et al. (2013), devido à região de aceitabilidade dos espaçamentos que se apresentam menores quando se aumenta a densidade populacional, isso resulta em uma diminuição dos mesmos na condição de aceitáveis e baixo nível de precisão.

Além disso, Tourino (1993) ressaltou que a velocidade angular do disco dosador é um fator muito importante, porque quando ela é maior que $0,15 \text{ m s}^{-1}$, o tempo das sementes se expõem aos alvéolos é curto, fato que dificulta os mesmos na deposição destas aos tubos, e também pode acarretar falhas no mecanismo exclusor de sementes.

Tourino et al. (2002) afirma que para obter sucesso com densidades menores de semeadura da cultura da soja, está sendo utilizado em torno de 10 a 15 plantas m^{-1} , fato que não afeta em reduções de produtividade e que resulta na redução de custos de produção pois compra-se menos sementes. Conforme a indicação da Embrapa (2019), a média geral de semeadura da

cultura da soja no Brasil é de 12 plantas m^{-1} , considerando que existe a variação de cultivar, local, método de plantio, sistema de cultivo, exigência em relação à fertilidade do solo, tolerância a insetos, zoneamento de risco climático, épocas de semeadura para cultivares de soja, entre outros.

Kepner et al. (1982) em ensaio com mecanismo dosador de disco horizontal usando sementes de milho, verificaram que à velocidade angular do disco em 600 orifícios por minuto causaria 100% de preenchimento dos furos; apontaram que o efeito da velocidade não atua isoladamente. A velocidade angular máxima do disco dosador indicada por Delafosse (1986) é de valores entre 0,29 (FAO) e 0,315 $m s^{-1}$ (ASAE).

Para que se tenha uma boa distribuição longitudinal, a espessura média da semente e o diâmetro das células distribuidoras deve ser 10 % maior que a máxima dimensão das sementes empregadas (KEPNER et al., 1978). Assim como equipamentos são experimentados a campo, também existem ensaios executados em condições de laboratório, nos quais, para semeadura de precisão, os espaçamentos aceitáveis devem ser superiores a 91% (IRLA & HEUSSER, 1991).

Ademais, Önal (1975), Aichinger (1989) e Klüver (1991) apontaram que, para a determinação da acurácia de uma semeadora, os fatores que mais interferem na determinação são: a velocidade angular do disco dosador, o formato dos alvéolos, a velocidade de deslocamento do equipamento e a cultivar da semente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido na sede da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, RS, Brasil, mais precisamente no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG).

O trabalho foi conduzido em esquema tri-fatorial sendo, o Fator 1 composto por dois mecanismos dosadores, o Fator 2 composto por quatro velocidades de deslocamento e o Fator 3 composto por quatro densidades de semeadura. A Tabela 1 apresenta os devidos valores.

Tabela 1 - Descrição dos fatores experimentais e seus respectivos níveis.

Níveis	Fatores		
	Dosador	Velocidade (m s ⁻¹)	Densidade (sem m ⁻¹)
1	A	0,83 (3 km h ⁻¹)	12
2	B	1,39 (5 km h ⁻¹)	14
3	-	1,94 (7 km h ⁻¹)	16
4	-	2,50 (9 km h ⁻¹)	18

Fonte: Autor.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) composto de 32 tratamentos oriundos da combinação dos níveis dos fatores, em um arranjo tri-fatorial 2x4x4. Foram utilizadas 3 repetições para cada tratamento, totalizando 96 unidades experimentais.

Após a coleta dos dados, estes foram submetidos a teste de normalidade dos erros efetuando o teste de Kolmogorov-Smirnov. Posteriormente foram submetidos à análise estatística de variância, utilizando o *software* Minitab (Versão 17), a fim de auxiliar a identificar e interpretar quais os tratamentos que diferiram após a realização do teste F. Foi realizado o teste Tukey a 5% de probabilidade de erro para comparação das médias quando identificada significância do fator qualitativo (dosador). Havendo significância dupla entre os fatores mecanismo dosador (qualitativo) e o fator densidade de semeadura e/ou a velocidade de deslocamento (quantitativos), como procedimento de comparação múltipla de médias, também foi efetuado análise de regressão (P<0,05). Quando ocorreram interações significativas entre os fatores quantitativos (velocidade de deslocamento e densidade de semeadura), foi realizada a análise através de uma superfície de resposta. Visando a facilitação, todas as interações triplas significativas resultantes, foram desdobradas as duplas significativas.

Para analisar um cenário ótimo, utilizou-se a ferramenta “resposta ótima” do *software* Minitab (Versão 17) para encontrar as regulagens ideais das interações entre os fatores (dosador, velocidade de deslocamento e densidade de semeadura) e as variáveis (aceitáveis, múltiplos, falhos, precisão e acurácia). Para isso, consideraram-se os seguintes parâmetros: aceitáveis em nível máximo; múltiplos, falhos e precisão em nível mínimo e acurácia próxima de “0”.

Utilizou-se uma Bancada de Ensaio de Dosadores (BEDOSA) (Figura 3), a qual foi projetada e desenvolvida por Alonço et al. (2010) e Silveira et al. (2010), e admite que diferentes mecanismos dosadores de sementes sejam acoplados, tanto mecânicos como pneumáticos. Tem-se, logo abaixo da BEDOSA, uma esteira (Figura 3) revestida com feltro acoplada que mede 17,5 metros (m) de comprimento, e junto a ela uma trena instalada, com a finalidade de verificar os espaçamentos da deposição entre as sementes em estudo. Ainda, próximo a BEDOSA estão dois motores elétricos que servem para acionar os mecanismos dosadores e a esteira, estes compostos e controlados por inversores de frequência, os quais são utilizados com o objetivo de adequar a velocidade da esteira e a rotação do disco dosador.

Figura 3 – Bancada de Ensaio de Dosadores (BEDOSA) e esteira.



Fonte: Autor.

Na esteira foram utilizadas quatro velocidades de deslocamento, sendo 0,83; 1,39; 1,94 e 2,5 m s⁻¹, (3; 5; 7 e 9 km h⁻¹, respectivamente). Os dosadores quando acoplados na BEDOSA foram acionados pela transmissão de movimento do motor que chegava por meio de uma correia ligada a duas polias (motora e movida), este conjunto está equipado com redutor de rotação de engrenagem (relação de transmissão de 1:11), o que reduzia em aproximadamente 19,64 vezes a rotação do motor.

Para atender as distintas velocidades nos ensaios, tanto para o disco dosador quanto para a esteira, estas foram obtidas por meio de dois aparelhos inversores de frequência da marca WEG modelo CFW 10, um para cada sistema, aos quais estabilizavam as rotações dos discos de semeadura teóricas em determinadas frequências, assim como para as diferentes velocidades de deslocamento. Podemos visualizar na Tabela 2 os valores das densidades de semeadura teórica.

Tabela 2 - Densidades de semeadura teórico e as respectivas velocidades de deslocamento do disco dosador e as frequências necessárias para alcançá-las.

Sementes por metro linear	Velocidade tangencial (m s ⁻¹)	Velocidade angular (rad s ⁻¹ / m s ⁻¹)
12,00	5,19	54,66 / 0,83
14,00	8,53	89,85 / 1,39
16,00	11,69	123,15 / 1,94
18,00	15,04	158,34 / 2,50

Fonte: Autor.

Foram utilizados dois dosadores mecânicos de disco alveolado horizontal, designados dosador A e dosador B, e neles foi acoplado um disco alveolar horizontal de 9 mm de diâmetro, 4,5 mm de espessura, 95 mm de raio e com 90 orifícios dispostos em 2 fileiras, nos quais as sementes são alocadas individualmente por meio da gravidade até um certo ponto onde são dispensadas no tubo condutor.

Foi utilizado o tubo condutor de sementes (Figura 4), que conforme Carpes et. al (2016) é o que apresenta menor interferência na dosagem de sementes de soja. Este equipamento estava fixado na BEDOSA com auxílio de um suporte, permitindo manter os mesmos aspectos originais, simulando a instalação na máquina semeadora. A altura entre a saída do tubo condutor e a esteira foi de 40 mm.

Figura 4 – Tubo condutor de sementes.



Fonte: Autor.

Os dosadores A e B deste experimento utilizam a mesma forma de dosagem que é através de disco alveolar com a massa de sementes sobre ele e com limitador de peso semelhante no interior do reservatório, porém apresentam diferenças construtivas em suas estruturas e a utilização de diferentes acessórios que causam efeito na dosagem.

O dosador A (Figura 5) composto na parte interna por um exclusor em forma de roseta que ao girar atinge a semente levemente fazendo com que esta seja projetada do alvéolo em direção ao tubo de deposição, saindo do disco alvéolado. Este equipamento não possui no interior do seu reservatório repartições ou mesmo acessórios além do exclusor, facilitando o contato da massa de sementes com o disco alveolado.

Figura 5 – Dosador de disco horizontal A.



Fonte: Autor.

O dosador B (Figura 6) usa o mesmo mecanismo de dosagem do anterior, porém têm em sua estrutura interna três repartições e acessórios que podem limitar a massa de sementes a movimentar-se junto ao disco do mecanismo dosador.

Figura 6 – Dosador de disco horizontal B.



Fonte: Autor.

Os acessórios que compõem o dosador B são uma pequena escova cilíndrica, com cerdas finas e maleáveis com espaçamento equidistante e tem por finalidade controlar uma semente por alvéolo e expulsar as que não se depositaram por gravidade do disco. Além desta escova, existem também quatro componentes que são semelhantes a uma palheta composta por um orifício (dedal) na parte superior, e na parte inferior um lado tem uma superfície lisa e no outro ela é irregular com pequenas fendas, que organiza e conduz as sementes aos alvéolos

do disco.

As sementes de soja (*Glycine max*) utilizadas foram cultivar TEC 6029IPRO, tem forma esférica e cor amarela. Sua massa de mil sementes é de 211,20 g, e características como espessura, largura e comprimento são aspectos genéticos que podem mudar de ano para ano e não é relevante no Registro Nacional de Cultivares, por ter uma variabilidade muito grande; portanto, esta semente esta entre 7,5 a 8,0 mm e foi classificada com intervalo de 0,5 mm na peneira de 7,5 mm. Utilizou-se nestas sementes um lubrificante sólido (grafite em pó) com o intuito de minimizar os efeitos do aumento da velocidade de semeadura.

A partir da ABNT (1994), os espaçamentos entre as sementes em distribuição longitudinal, foram classificados em aceitáveis, múltiplos e falhos, devidamente aferidos, considerando a densidade de semeadura de cada tratamento. O espaçamento padrão entre sementes é estabelecido e nomeado de “espaçamento de referência” (X_{ref}). Assim, todos os espaçamentos entre 0,5 e 1,5 vezes o X_{ref} são denominados em aceitáveis, os menores que 0,5 vezes o X_{ref} , serão nomeados de múltiplos e os maiores que 1,5 vezes o X_{ref} são chamados de falhos. Para cada unidade experimental executou-se a análise de 250 espaçamentos conforme a ISO 7256/1 (1984). A densidade de semeadura varia para cada intervalo de espaçamento, apresentando uma condição para as diferentes classificações, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Valores ideais teóricos para as classificações definidas em aceitáveis, múltiplos e falhos.

Sem m^{-1}	Xref (m)	Aceitável (m)	Múltiplo (m)	Falho (m)
12	0,0833	0,0416 à 0,1250	<0,0416	>0,1250
14	0,0714	0,0360 à 0,1071	<0,0360	>0,1071
16	0,0625	0,0315 à 0,0940	<0,0315	>0,0940
18	0,0555	0,0280 à 0,0840	<0,0280	>0,0840

Fonte: Autor.

Seguindo indicações dos estudos de Kachman & Smith (1995), utilizou-se a seguinte equação (1) para avaliar a precisão:

$$\text{Precisão (\%)} = \left(\frac{\text{Desvio padrão dos espaçamentos aceitáveis}}{\text{Espaçamento teórico ideal}} \right) \times 100 \quad (1)$$

De acordo com os estudos de Cerri (2001), a acurácia foi calculada através da equação (2), assim sendo classificada em aceitável ou não.

$$\text{Acurácia (\%)} = \left(\frac{\text{SMUE} - \text{SMT}}{\text{SMT}} \right) \times 100 \quad (2)$$

Onde:

SMUE = Número de semente por metro linear observado.

SMT = Número de sementes por metro linear teórico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 apresenta os dados estatísticos da análise da variância e os resultados do teste F.

Tabela 4 – Análise estatística com médias dos fatores, níveis e os resultados do teste F.

	Variáveis (%)				
	Aceitáveis	Múltiplos	Falhos	Precisão	Acurácia
DOSADOR					
A	48,42a	26,92b	24,66a	28,57a	-2,55b
B	48,34a	28,77a	22,89b	27,73b	-1,99a
VELOCIDADE					
0,83 m s ⁻¹ (V1)	50,25a	24,93c	24,82a	28,55a	-3,34b
1,39 m s ⁻¹ (V2)	47,40b	28,13b	24,47ab	28,30a	-2,05a
1,94 m s ⁻¹ (V3)	48,42ab	28,48ab	23,10bc	27,83a	-1,84a
2,50 m s ⁻¹ (V4)	47,45b	29,83a	22,72c	27,95a	-1,87a
DENSIDADE¹					
12 sem m ⁻¹ (D1)	48,20b	28,60b	23,20a	27,54bc	-0,41a
14 sem m ⁻¹ (D2)	49,68ab	26,08c	24,23a	28,08b	-1,97b
16 sem m ⁻¹ (D3)	44,82c	31,33a	23,85a	26,90c	-3,33c
18 sem m ⁻¹ (D4)	50,82a	25,37c	23,82a	30,12a	-3,37c
CV e MG					
CV (%)	11,71	16,50	13,22	6,14	-
Média geral (MG)	48,38	27,85	23,78	28,16	-2,27
Teste F					
Dosador (F1)	0,01ns	17,41**	22,41**	17,90**	5,42*
Velocidade (F2)	4,12*	22,11**	7,51**	2,70ns	9,00**
Densidade (F3)	15,77*	37,62**	1,31ns	49,17**	34,40**
F1 x F2	29,37*	28,71**	10,19**	4,39**	0,91ns
F1 x F3	6,05*	6,21**	3,25*	0,28ns	1,47ns
F2 x F3	4,87*	4,86**	12,74**	0,73ns	52,02**
F1 x F2 x F3	2,31*	2,18*	1,53ns	3,46**	1,48ns

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si no teste de Tukey ($p < 0,05$). *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); **: Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns: Não significativo ($p \geq 0,05$).

¹ Densidades de semeadura reais (sem m⁻¹): 11,95; 13,72; 15,47 e 17,39.

Verificou-se que todos os fatores em estudo (dosadores, velocidade de deslocamento e densidade de semeadura) interferiram nas variáveis de desempenho (houve diferença significativa), com as seguintes exceções (são iguais estatisticamente): o fator dosador não interferiu para os aceitáveis, isso porque ambos os dosadores tem semelhanças em seus projetos; o fator velocidade de deslocamento não interferiu na precisão, nota-se com a modificação do desvio padrão com o aumento deste fator, que pode ser proporcional a redução do valor dos espaçamentos teóricos para cada velocidade. O fator densidade de semeadura não interferiu na variável falhos, pelo fato que o projeto dos equipamentos com o aumento de rotação não se tenha falhosos equipamentos tem ou não presença de acessórios.

Obteve-se uma média geral da variável aceitáveis de 48,38%, enquanto que os espaçamentos falhos e múltiplos somados resultaram em 51,63%. Considerando a média geral, pode-se dizer que os dosadores estão abaixo de 50% de espaçamentos aceitáveis, sendo que em determinadas situações os equipamentos obtiveram médias superiores a 50%. Esta média geral possui influência da velocidade e da densidade utilizadas. Conforme Torino & Klingensteiner (1983) os resultados da variável aceitáveis são considerados como insatisfatórios no desempenho de distribuição entre as sementes, porém bem próximos da classificação regular dos espaçamentos. Mas de acordo com Coelho (1996), ambos os dosadores estão abaixo do requisito mínimo de espaçamentos aceitáveis para que atenda certificação, que é de 60% para dosadores mecânicos de disco horizontal alveolar.

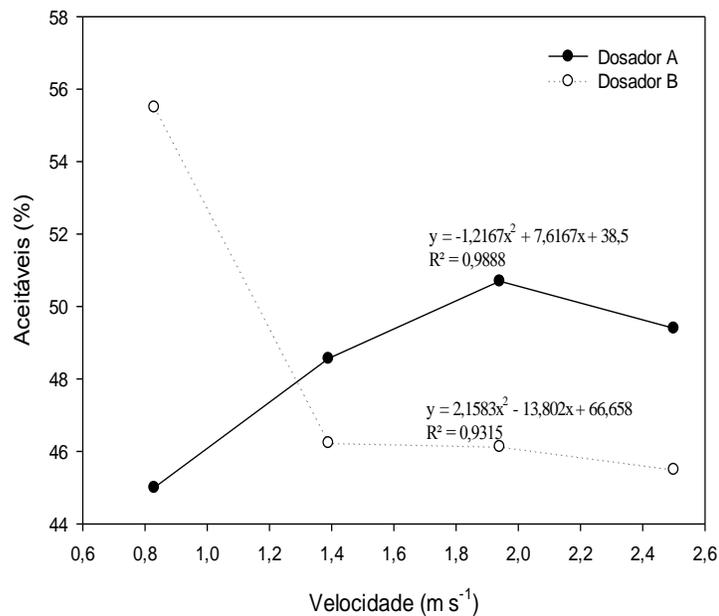
As variáveis precisão e a acurácia, em média, ficaram em níveis toleráveis para os dosadores. Quando foi analisada a precisão, ambos os dosadores, A e B, obtiveram médias abaixo de 29%, que foram de 28,57 e 27,73% respectivamente, valores que estão de acordo com o ideal conforme Kachman e Smith (1995). A acurácia dos dosadores A e B atenderam a tolerância conforme Cerri (2001) que é de até 3,00%, com valores de -2,55 e -1,99% respectivamente, apontando que estes estão de acordo com o limite.

Analisando os resultados do coeficiente de variação (CV), estes podem ser descritos como baixos, média geral (11,9%), que pode ser justificado pelo alto número de amostras que foram coletadas. Com relação ao CV da variável acurácia, este permanece sem um valor, pelo fato de que uma das premissas estatísticas para aferição do desvio padrão, constituinte do cálculo desta medida de dispersão, é uma amostra com dados exclusivamente positivos, o que não caracteriza a variável em questão.

4.1 Variável Aceitáveis

Na Figura 7 abaixo observa-se o comportamento do fator dosador (F1) em relação ao fator velocidade de deslocamento quando relacionado com a variável aceitáveis.

Figura 7 – Interação do Fator dosador (F1) e Fator velocidade de deslocamento (F2) para a variável aceitáveis.



Fonte: Autor.

A variável aceitáveis indica que no momento da escolha do dosador, é necessário se ter o conhecimento da velocidade de trabalho e a densidade de semeadura que serão utilizados, ou seja, escolher os três fatores ao mesmo tempo, pois eles tem relação direta entre si.

Quando houve o aumento da velocidade de deslocamento de $V1=0,83 \text{ m s}^{-1}$ para $V2=1,39 \text{ m s}^{-1}$, $V3=1,94 \text{ m s}^{-1}$ e $V4=2,5 \text{ m s}^{-1}$, ambos os dosadores mantiveram a densidade de semeadura em $D2=14 \text{ sem m}^{-1}$ sendo esta considerada ideal.

Quando relacionou-se o fator dosador com o fator velocidade de deslocamento, na velocidade $V1=0,83 \text{ m s}^{-1}$, o dosador B apresentou média de distribuição de sementes considerada como aceitáveis de 50,25% e melhor desempenho em relação ao dosador A com média de distribuição de sementes considerada aceitáveis foi de 45%. Portanto na velocidade mais baixa o dosador B se destaca. Porém nas demais velocidades ($V2$, $V3$ e $V4$), o dosador A apresentou

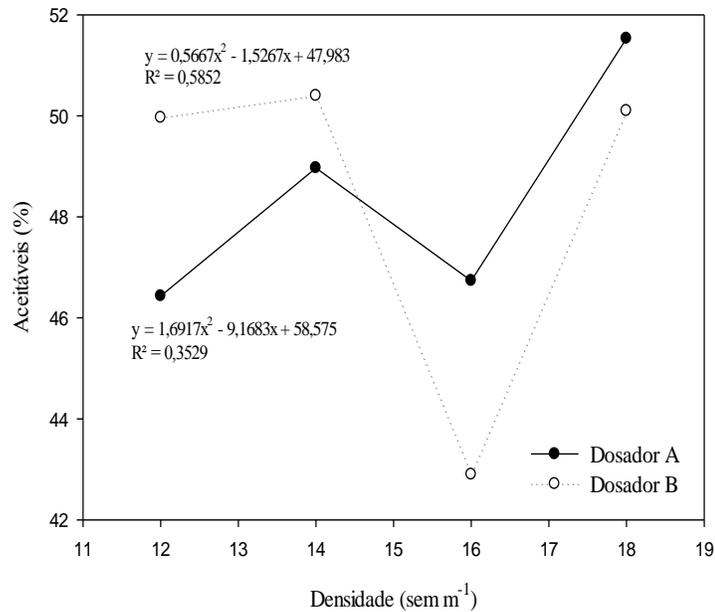
melhores resultados. Estes resultados assemelham-se aos analisados por Silva et. al (2000), tendo em vista que na velocidade de deslocamento 3 km h^{-1} ($0,83 \text{ m s}^{-1}$) os espaçamentos entre sementes foram classificados como excelentes com relação a sua uniformidade. Estes mesmos autores para uma velocidade de deslocamento de 9 km h^{-1} ($2,5 \text{ m s}^{-1}$), classificaram o espaçamento entre sementes como sendo regular, porém neste experimento para esta velocidade de deslocamento o dosador A resultou em qualidade semelhante, enquanto o dosador B apresentou pior desempenho neste estudo.

Além disso, os dosadores mecânicos são influenciados pela massa de sementes que está sobre o disco dosador. Considerando que o fator velocidade interage com o fator dosador, quanto mais alta é a rotação do disco a fim de atender uma densidade de semeadura maior, uma parcela da massa de sementes que está acima dele gira junto, assim caracterizando-o como um efeito. No entanto, o dosador B quando submetido a esta situação, pode ter apresentado maior dificuldade para preencher as sementes nos alvéolos em virtude das repartições internas e da presença “das palhetas organizadoras” que impedem um maior contato das sementes com o disco, reduzindo a porcentagem de espaçamentos aceitáveis. Já o dosador A, nas mesmas condições, pelo fato que permite maior movimentação e contato da parcela de sementes sobre o disco, apresenta melhores resultados em velocidades altas, pois o contato das sementes com o disco é maior.

A condição ideal de trabalho para a variável aceitáveis obteve-se com o dosador B, na velocidade de deslocamento $V1=0,83 \text{ m s}^{-1}$ e com densidade de semeadura $D2=14 \text{ sem m}^{-1}$, o que resultou na média de 60,8%. O dosador A também apresentou a velocidade $V1$ e a densidade $D2$ como seus melhores resultados, porém o número de aceitáveis que ele alcança em média é de 47,20%.

Quando a variável aceitáveis foi submetida ao fator dosador e densidade de semeadura, foi obtida a Figura 8 abaixo.

Figura 8 – Interação do Fator dosador (F1) e Fator densidade de semeadura (F3) para a variável aceitáveis.



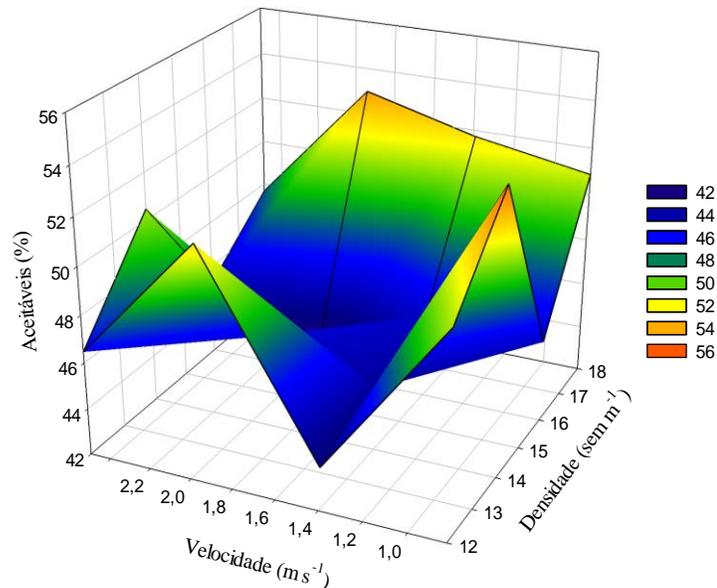
Fonte: Autor.

Na densidade de semeadura D3 (16 sem m⁻¹), possivelmente ocorreu algum efeito aleatório externo aos fatores em ambos os dosadores, ocasionando em decréscimo em aceitáveis. Kepner et al. (1982) concluem em relação a velocidade angular do disco, em ensaio utilizando dosador de disco horizontal, que o efeito da velocidade não atua isolado, fatores como a forma das sementes e a dimensão delas podem interferir no percentual de espaços preenchidos.

Assim, desconsiderando este nível, o fator densidade de semeadura para o dosador B apresentou bom desempenho, com pouca diferença entre os seus próprios valores, pois apresenta um comportamento semelhante entre as diferentes densidades com relação ao nível de aceitáveis. Porém, o dosador A apresenta diferença quando muda a densidade de semeadura com relação à aceitáveis (um fracionamento entre as densidades), mas dosa melhor as sementes em regulagens de densidades mais elevadas, por exemplo na densidade D4=18 sem m⁻¹, enquanto que em densidades mais baixas o dosador A não consegue manter a precisão, com nível de aceitáveis irregular, ou seja, abaixo de 50%.

A reação da variável aceitáveis em função da velocidade de deslocamento e densidade de semeadura é exposta na Figura 9.

Figura 9 – Superfície de resposta da variável aceitáveis.



Fonte: Autor.

Para a variável aceitáveis ocorreu interação significativa dos três fatores em estudo (dosador, velocidade de deslocamento e densidade de sementeira). Isso indica que, no momento da sementeira, a seleção de qualquer um dos níveis é dependente das demais, sendo necessário determinar em qual velocidade de deslocamento, a densidade de sementeira e o dosador a ser selecionado para que se obtenha um bom nível de espaçamentos aceitáveis.

Através da Figura 9, pode-se notar que, quanto menor a densidade de sementeira e a velocidade de deslocamento melhores são os resultados de espaçamentos aceitáveis. Os picos de médias na figura próximos a estas regiões podem indicar a presença de causas especiais que ocorrem no processo. Porém, apesar destas verificações, interferências de fatores alheios para controles experimentais foram baixos, assegurando a qualidade da execução do experimento.

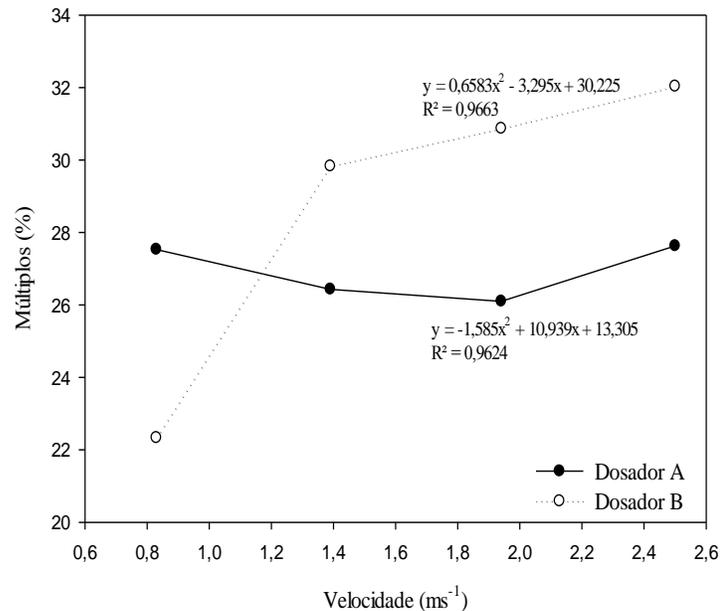
Nota-se também que, quanto maior for à velocidade de deslocamento e em densidades elevadas, os dosadores em estudo não tem uma boa eficiência na atividade de distribuição de sementes considerando-se espaçamentos aceitáveis, pois começam a apresentar problemas para efetuar a atividade nestas regulagens. De acordo com Liu et al (2004), o aumento da velocidade de trabalho expressa a redução do percentual de aceitáveis na distribuição de sementes de milho, ou seja, um efeito negativo.

Quanto mais lenta à velocidade de trabalho, melhor vem a ser o índice de espaçamentos aceitáveis entre sementes, quanto menor for à densidade de semeadura, melhor foi o resultado/desempenho (índice de aceitáveis).

4.2 Variável múltiplos

Na Figura 10 a seguir observa-se o comportamento da variável múltiplos com relação à interação do dosador (F1) e velocidade de deslocamento (F2).

Figura 10 – Interação do Fator dosador (F1) e Fator velocidade de deslocamento (F2) para a variável múltiplos.



Fonte: Autor.

Verifica-se que o dosador B apresenta maior percentual de distribuição considerada múltiplos em relação ao dosador A. Nota-se para este dosador que, quando a velocidade de deslocamento aumenta, a variável múltiplos a acompanha em percentual, portanto conclui-se que uma variável interfere na outra.

Deve-se ressaltar que em relação a variável múltiplos, o fator dosador isolado é significativo e apresenta efeito, ou seja, os dosadores apresentam diferença em relação a variável múltiplos.

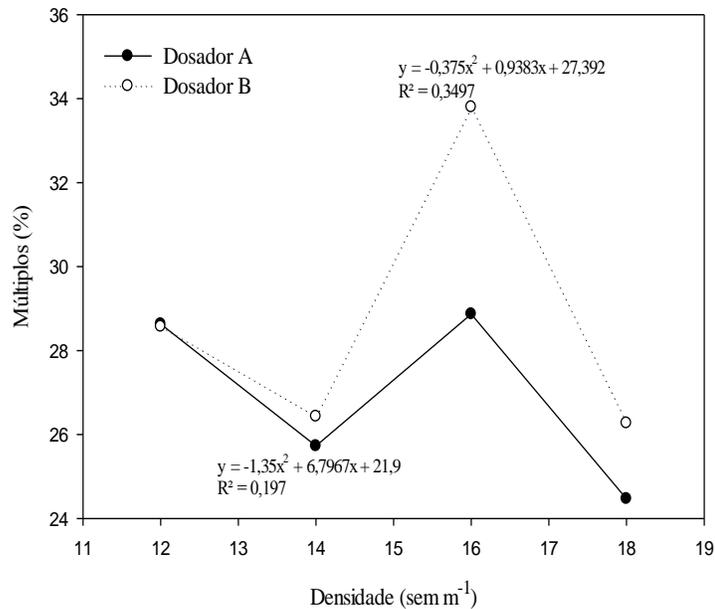
O dosador A apresentou menor nível de distribuição considerada múltiplos em relação ao dosador B, com valores entre 26% e 28% durante todo o experimento, o que não ocorreu no comportamento do dosador B, que iniciou com o índice de múltiplos baixo na V1, aumentando este valor ultrapassando os valores registrados para as demais velocidades. Segundo Reynaldo (2016), semeando em velocidades mais baixas (2 a 4 km h⁻¹), os espaçamentos múltiplos podem ter uma redução de aproximadamente 10%.

Observa-se que com relação a variável múltiplos, pela presença de acessórios no dosador B em velocidades elevadas, estes provocam efeito que resulta em menor índice de falhos e múltiplos em percentagem.

Na velocidade de deslocamento $V1=0,83 \text{ m s}^{-1}$ e densidade de semeadura $D1=12 \text{ sem m}^{-1}$ o dosador B apresentou a menor deposição de múltiplos entre os dois dosadores, com a média de 18,53%; enquanto o dosador A resultou em uma média de 26,67% de múltiplos em sua melhor condição ($V3=1,94 \text{ m s}^{-1}$). Para obter os melhores resultados, os dois dosadores devem trabalhar na menor velocidade e menor densidade, fato o qual Cavichioli (2011) detectou em seus estudos utilizando mecanismo dosador de discos horizontais perfurados, obtendo maior índice de espaçamentos múltiplos com o aumento da velocidade de deslocamento.

O resultado da variável múltiplos quando dosador e densidade de semeadura interagem é apresentado na Figura 11 abaixo.

Figura 11 – Interação do Fator dosador (F1) e Fator densidade de semeadura (F3) para a variável múltiplos.



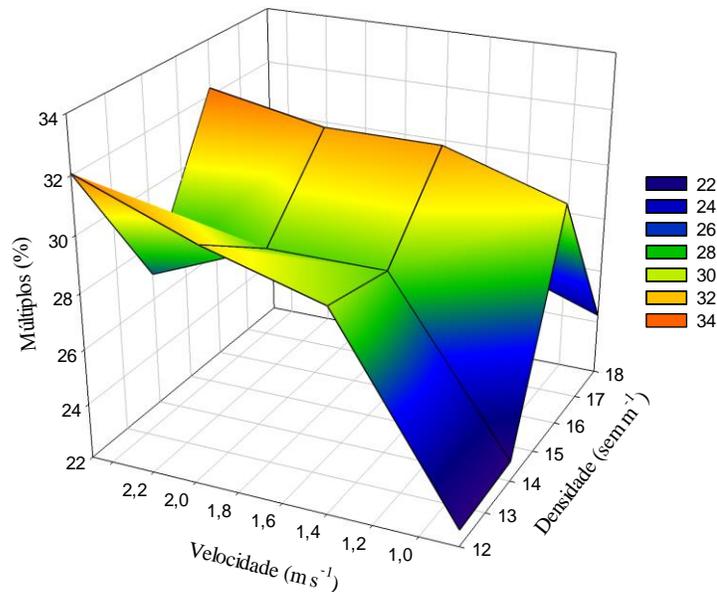
Fonte: Autor.

Para a variável múltiplos na medida em que a densidade de semeadura aumenta, os dosadores apresentam uma diminuição do índice de D1 (12 sem m⁻¹) para D2 (14 sem m⁻¹), em baixas velocidades. Na densidade D3 (16 sem m⁻¹) os dosadores apresentam um valor superior às demais, que pode ser interpretado como algum efeito externo no comportamento dos equipamentos quando se eleva a densidade de semeadura (velocidade angular). Segundo Reynaldo (2016) o problema do alto número de múltiplos é originado pela elevada taxa de dosagem de sementes, que se alia a deficiência do sistema condutor causador de vibrações no mesmo, ocasionando atrito da semente com ele, o que afeta no fluxo de queda das sementes. Na densidade D4=18 sem m⁻¹ a variável volta a apresentar menores valores de múltiplos em média, por motivo de algum efeito aleatório, a vibração, por exemplo, que pode ser algum acontecimento na rotação que interferiu nos resultados desta variável.

Portanto, em densidades de semeadura menores, o dosador B apresentou melhores resultados e em densidades maiores o dosador A se destacou, apresentando índices mais baixos de múltiplos.

O comportamento da variável múltiplos em função do dosador e da densidade de semeadura está exposto na Figura 12.

Figura 12 – Superfície de resposta da variável múltiplos.



Fonte: Autor.

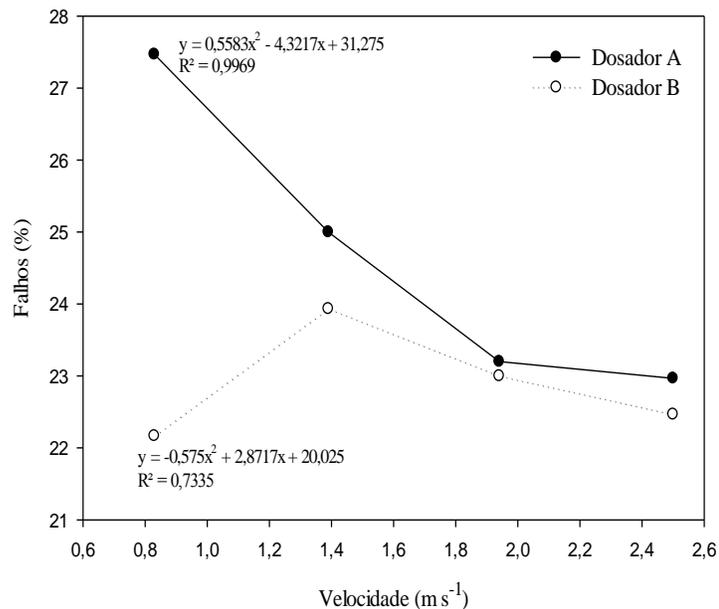
Nota-se que ao aumentar a velocidade e as densidades de semeadura, ocorre maior índice de múltiplos. Segundo os resultados encontrados por Castela Junior (2014), a elevação da velocidade de semeadura não proporciona aumento dos espaçamentos múltiplos, ou seja, este fator não interferiu na variável múltiplos.

A variável múltiplos através dos dados analisados em um processo de semeadura indica que, no momento da seleção do dosador, deve-se saber qual velocidade de trabalho e densidade de semeadura (dose – sem m⁻¹) será utilizada, assim escolhendo os três fatores ao mesmo tempo, pois eles interferem entre si diretamente.

4.3 Variável falhos

Abaixo na Figura 13, observa-se o comportamento da variável falhos quando os fatores dosador e velocidade de deslocamento se relacionam.

Figura 13 – Reação da variável falhos em função da interação dos dosadores com a velocidade de deslocamento.



Fonte: Autor.

A variável falhos é de extrema importância pelo fato que na semeadura não se deseja ter espaços vazios na lavoura. Na análise da variável falhos, o dosador B apresentou em torno de 3% a menos do que o dosador A em média. Na medida em que aumentou a velocidade de deslocamento, menor foi o número de falhos, reação que se opõem quando se trata da variável múltiplos, ou seja, supõem-se que este espaçamento falho é na verdade uma deposição múltipla de sementes.

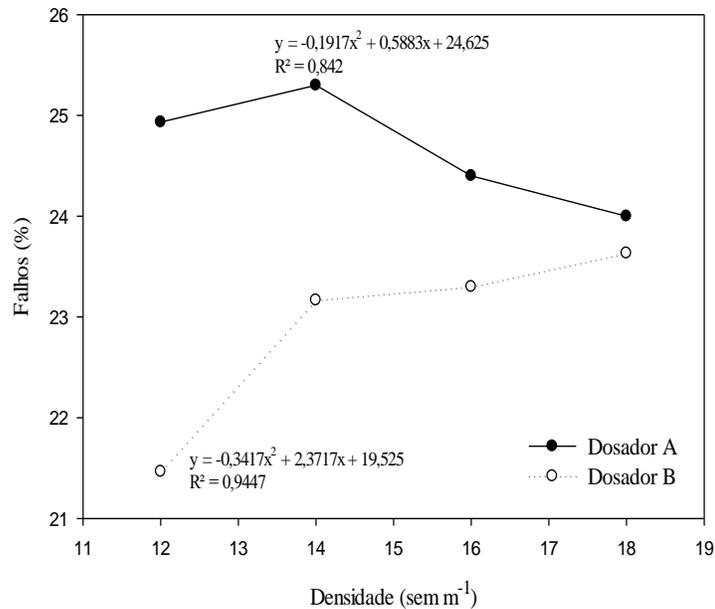
Para a variável falhos, ambos os dosadores, A e B, resultaram para uma mesma velocidade de deslocamento e densidade de semeadura nas suas melhores condições de trabalho, obtendo-se menos falhos na condição $V3=1,94 \text{ m s}^{-1}$ e $D1=12 \text{ sem m}^{-1}$. Porém o dosador A resultou em maiores valores para a variável falhos, com a média de 18,13% quando comparado com o dosador B que obteve média da variável falhos de 17,20%. O dosador B apresentou

menores valores para a variável falhos em todas as velocidades, o que significa que “a escova e as palhetas” que compõem o equipamento contribuíram para esta condição.

Nota-se nesta interação que o aumento da velocidade de deslocamento ocasionou menor índice da variável falhos para ambos os dosadores, o que não é diretamente um ganho, sendo que muitos destes espaçamentos foram substituídos por espaçamentos múltiplos. Efetivamente o dosador B sustentou melhor o nível da variável falhos, entre 22% e 24% em média, porém quando há uma redução desta variável tem-se o aumento de múltiplos. O dosador A apresentou maior variabilidade em seus resultados, proporcionando melhor desempenho quando a velocidade de trabalho aumentou, assim os valores finais em média dos dosadores ficaram próximos, em torno de 22% e 23%. Em linhas gerais o dosador A conseguiu maior redução no índice de falhas com relação ao aumento de velocidade, quando comparado ao dosador B, porém converteu esse valor em múltiplos. Os resultados deste teste não corroboraram com Modolo et al. (2004), quando no seu experimento houve o aumento da velocidade e a tendência também do aumento dos espaços vazios entre sementes, o que conseqüentemente ocasionou um maior percentual de falhas.

A interação do dosador com a densidade de semeadura apresenta para a variável falhos encontra-se expressa na Figura 14 a seguir.

Figura 14 – Reação da variável falhos em função da interação dos dosadores com a densidade de semeadura.



Fonte: Autor.

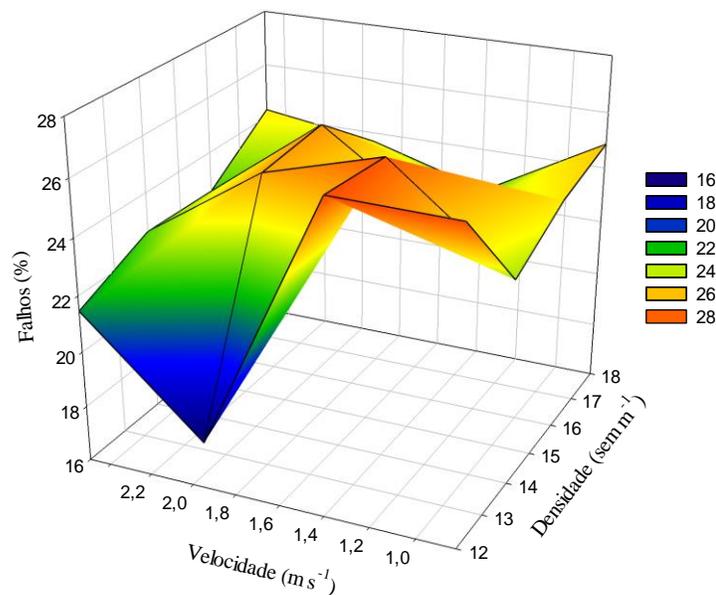
Quando a velocidade angular teve acréscimo, aumentando a deposição de sementes, para o dosador A o percentual de falhos diminuiu, já para o dosador B aconteceu o inverso, quando a dosagem aumentou o nível de falhos também aumentou. Tal fato pode estar relacionado à estrutura interna do equipamento. Para o dosador B a ação conjunta das palhetas organizadoras com as repartições podem estar restringindo o movimento das sementes, assim propagando o aumento de falhos, quando aumenta a densidade de semeadura. Kurachi et al. (1993) verificaram que seja qual for a semeadora-adubadora, composta com dosador de disco horizontal, inclinado ou pneumático, ao aumentar a velocidade de trabalho elas se tornam sensíveis, ao ponto de alterar a distribuição das sementes.

Observa-se que, quanto mais rápida for à rotação do disco dosador, mais difícil será para o mesmo atender correta distribuição das sementes, ou seja, quanto mais rápido for à velocidade angular, o equipamento irá converter mais os espaçamentos aceitáveis em falhos, devido ao curto espaço de tempo para a semente entrar no alvéolo. Como o aumento da velocidade de trabalho é proporcional as maiores rotações no sistema dosador de sementes, conforme Souza & Cunha (2012), isso faz com que os alvéolos do disco dosador estejam sujeitos a ficarem vazios, resultando em falhas de semeadura.

Pacheco et al. (1996), notaram que devido ao uso de altas velocidades de operação, obtiveram decréscimo no preenchimento do disco horizontal com milho, ocasionando falhas na distribuição de sementes.

A reação da velocidade de deslocamento para as diferentes densidades de semeadura quando estes interagem para a variável falhos, está demonstrada na Figura 15.

Figura 15 – Superfície de resposta da variável falhos em função da interação da velocidade de deslocamento com a densidade de semeadura.



Fonte: Autor.

Quando a condição ideal de trabalho foi analisada para múltiplos e falhos simultaneamente, o dosador B foi melhor na velocidade de deslocamento $V1 = 0,83 \text{ m s}^{-1}$ e densidade de semeadura $D2 = 14 \text{ sem m}^{-1}$, valores que também ocorrem para o dosador A. Porém o melhor desempenho, das três variáveis, é do dosador B em relação ao dosador A, considerando-se a média de aceitáveis.

Os resultados de Klein et al. (2002) diferem, em parte, com este estudo pois eles não obtiveram, na semeadura da soja, um efeito no percentual de espaçamentos múltiplos e falhos, utilizando velocidades de $1,0$ a $3,0 \text{ m s}^{-1}$. No atual estudo, o dosador A diminuiu o percentual da variável falhos nas quatro velocidades de $27,5\%$ para 23% , porém o dosador B demonstrou pior efeito entre $V1$ e $V2$, aumentando sua média e retornando a decrescer nas velocidades $V3$ e $V4$

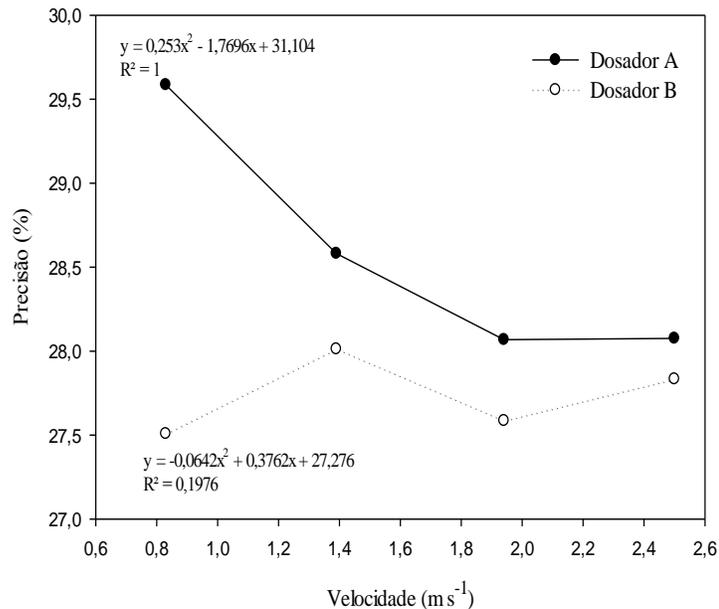
com mais eficiência com relação ao dosador A.

Para a variável falhos, os fatores podem ser selecionados isoladamente, porque a interação tripla não foi significativa, mas ocorreram três interações duplas. Por exemplo, quando houver a seleção do dosador, deve-se indicar a velocidade de trabalho; na escolha do dosador é necessário saber a densidade que será trabalhada; e/ou quando for escolhida a velocidade de deslocamento, deve-se indicar a dosagem de sementes por metro na deposição.

4.4 Variável precisão

A Figura 16 expõe o comportamento da precisão quando há interação dos fatores dosador e velocidade de deslocamento.

Figura 16 – Interação do Fator dosador (F1) e velocidade de deslocamento (F2) para a variável precisão.



Fonte: Autor.

Com relação à variável precisão, o dosador B obteve melhor performance quando comparado ao dosador pois manteve esta variável sempre com menores valores independentemente da velocidade. Para este dosador a média da variável precisão foi de 25,43%, abaixo do coeficiente de variação máximo de 29%, considerado ideal por Kachman e Smith

(1995), indicando este como um valor de desempenho adequado de espaçamentos teóricos no índice de aceitáveis, múltiplos e falhos. Já o dosador A inicia seus resultados de precisão baixos, mas obteve em média 27,20%, valor que também atende a condição abaixo da ideal, na mesma velocidade de deslocamento e densidade de semeadura. Ambos os dosadores a partir de V2 proporcionam valores dentro da faixa de precisão aceitável.

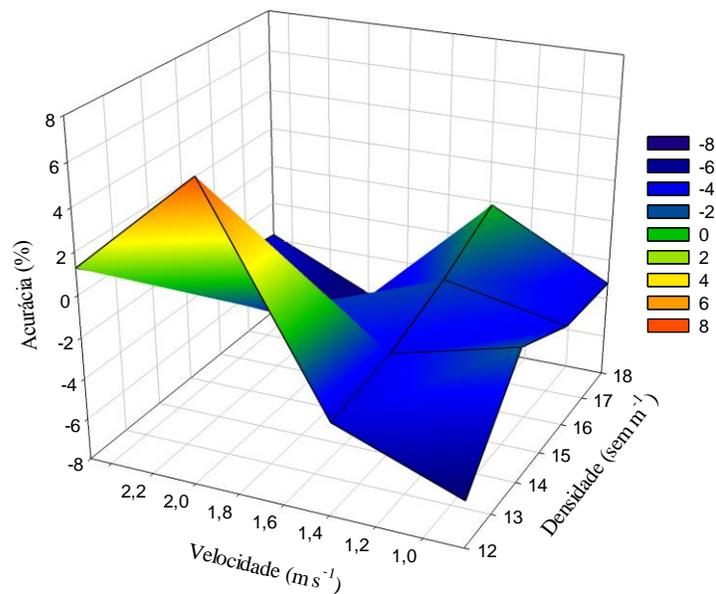
Os resultados de precisão corroboram com as informações anteriores deste estudo, que apontam o dosador A com baixa eficiência em velocidades lentas, quando comparado com o dosador B, pois o dosador A começa em V1 fora do limite máximo, com 29,5% de precisão, enquanto o dosador B esteve sempre abaixo de 29% de precisão, conservando-se assim em todas as velocidades, mesmo apresentando mais múltiplos do que o dosador A.

A variável precisão junto com a variável aceitáveis, indicam que no momento de escolher o dosador, é necessário saber a velocidade de trabalho e a densidade de semeadura (dose/sem m^{-1}) que será utilizada para semear, ou seja, deve-se escolher os três fatores ao mesmo tempo, pois eles interferem entre si diretamente.

4.5 Variável acurácia

Na Figura 17 a seguir observa-se como reage a acurácia quando é relacionada com os fatores velocidade de deslocamento e densidade de semeadura.

Figura 17 – Superfície de resposta da variável acurácia em função da interação da velocidade de deslocamento com a densidade de semeadura.



Fonte: Autor.

A variável acurácia difere-se da variável precisão, pois é a razão entre a quantidade observada de sementes depositadas na esteira e a densidade desejada, sendo que se este valor resultar em “0”, aponta que a dosagem está correta e se o resultado estiver acima ou abaixo, representa que a mesma consta em excesso ou em déficit, múltiplos e falhos, respectivamente.

A interação velocidade de deslocamento (F2) e densidade de semeadura (F3) foi à única significativa para a variável acurácia, significando que a razão entre a necessidade de dosagem e o quão os equipamentos estão efetuando/dosando é dependente da relação entre estes fatores (F2x F3).

Para esta variável a interação tripla dos fatores não foi significativa, portanto foi analisada e discutida apenas a interação dupla entre o fator velocidade de deslocamento e densidade de semeadura, pois apenas esta interação apresentou significância. No entanto, se for escolhido

qualquer um dos dois dosadores do estudo, aleatoriamente, a velocidade de deslocamento é indiferente, pois estes fatores não interagem entre si. Esta condição também foi verificada durante a análise entre os fatores dosador e densidade de semeadura, os quais também não interferem entre si.

Para a variável acurácia, o dosador A apresentou média inferior em relação ao dosador B, e nas velocidades de deslocamento não houve diferença estatística em V2, V3 e V4, porém V1 diferiu das demais e a densidade de semeadura D1 apresentou a melhor média seguida da D2, mas D3 e D4 não diferiram entre si. O efeito da velocidade de deslocamento e da densidade de semeadura nos dosadores não é significativo, indicando que, é possível escolher os dosadores sem optar pela velocidade de deslocamento e densidade de semeadura quando se trata da variável acurácia. No momento em que é escolhida a velocidade de trabalho, deve-se também selecionar a densidade de semeadura. Neste teste, analisando apenas a acurácia, quando se escolhe o dosador, não é necessário conhecer a velocidade de deslocamento e a densidade de semeadura que será trabalhada. Porém quando for selecionada a velocidade e densidade de trabalho, deve-se indicar ambas, juntamente, porque a relação das duas interfere na capacidade do dosador (desempenho do equipamento) diretamente.

A variável acurácia apresentou a média geral de -2,27%, sendo que os resultados das velocidades de deslocamento V2, V3 e V4 não diferiram entre si e estão de acordo com o parâmetro de Cerri (2001), entretanto V1 não atendeu este parâmetro, pois excedeu o valor máximo que é de 3,00%. Além disso, na densidade de semeadura D1 foi obtida a melhor acurácia com o valor de -0,41% seguida da densidade D2 que resultou em -1,97%, ambos atendem ao que Cerri (2001) recomenda, porém as densidades D3 e D4 não atendem, pois ultrapassam o limite.

Nota-se que com o aumento da velocidade, ambos apresentaram uma melhora na acurácia, e possivelmente o dosador A interferiu mais neste efeito, pois ao longo de toda a análise em velocidades mais baixas, sempre o dosador B obteve melhor acurácia do que o A. No entanto, o dosador A em velocidades mais baixas possui menor acurácia quando comparado ao dosador B e este efeito, de maneira geral, na condição de que quanto mais lento menor vem a ser a acurácia, ocorreu mais para o dosador A do que para o dosador B.

Quando se trata de densidade de semeadura para a variável acurácia, em maiores dosagens, obtiveram-se baixos níveis de acurácia. Esse fato aconteceu porque quanto mais sementes tem-se que dosar por metro, maior é a chance de errar, resultado que ocorreu com os

dados desta análise.

Com o incremento do efeito da velocidade, os dosadores apresentaram maior acurácia, sendo que na velocidade mais baixa o dosador A causou menos desempenho, assim como o dosador B em velocidades mais altas. Já na densidade ocorre o inverso da velocidade, quanto mais doses por metro (mais rápido), apresenta-se um problema, em que se esta errando mais, o equipamento é menos acurado.

Nota-se na Figura 17 que com velocidade e densidade de semeadura em doses baixas, tem-se menor índice de erros, o que significa que o espaço entre sementes é menor que o desejado (necessário), ou seja, foi dosado menos que o necessário naquele determinado espaço.

O gráfico da Figura 17 mostra um equilíbrio nas regiões verdes que são onde os espaçamentos estão de acordo com o estabelecido. Nos locais de coloração amarelo/laranja significa que está ocorrendo uma dosagem maior do que a necessária principalmente devido à densidade de semeadura. Já onde se encontra a coloração azul forte, densidades maiores e velocidades baixas a dosagem esta abaixo do esperado.

Para a variável acurácia a relação entre velocidade e densidade, quando analisada apenas densidade, em maiores dosagens é mais difícil o dosador atender a regulagem selecionada, o equipamento começa a dosar a mais do que o desejado (efeito da densidade sobre a acurácia), ou seja, escolhe-se uma densidade alta e o dosador deposita mais do que o desejado. Quando a variável é associada ao aumento da velocidade, o equipamento trabalha para atender a esta dosagem elevada, porém a própria velocidade impede-o de efetuar esta densidade.

Portanto, em velocidades e densidades muito altas, tem-se uma redução da variável acurácia, apresentando resultados em regiões negativas, dosando menos sementes do que o desejado, efeito ocasionado pela interação F2xF3.

5. CONCLUSÕES

O dosador A obteve uma melhor dosagem em relação a espaçamentos aceitáveis e presença de múltiplos, enquanto que o dosador B apresentou menor número de falhos, sendo mais preciso e com maior acurado.

Para ambos dosadores, o efeito da elevação da velocidade de deslocamento reduziu os espaçamentos aceitáveis e falhos, enquanto que a presença de múltiplos foi aumentada. Já para as variáveis de qualidade, apenas a acurácia foi alterada, apresentando melhores resultados em níveis mais elevados do fator.

O aumento do número de sementes por metro linear proporcionou redução da qualidade quanto à precisão e acurácia para ambos dosadores.

A melhor configuração de regulação para as situações em que este experimento foi realizado é a velocidade de trabalho $V1=0,83 \text{ m s}^{-1}$ e a densidade de semeadura $D2=14 \text{ sem m}^{-1}$, pois apresentam os melhores desempenhos.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Projeto de norma 04: 015.06 – 004: Semeadora de precisão – ensaio de laboratório – método de ensaio. São Paulo, 1994.26 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Projeto de Norma 04:015:06-010. Semeadora e distribuidoras de fertilizantes e corretivos- terminologia: definições. São Paulo, 1996. 23p.

AICHINGER, R. Vergleichsuntersuchung von Pneumatischen. Einzelkornsamaschinen mit, Pferdebohnen, Puffbohnen und Sonnenblumen, Forschungsberichte der Bundesanstalt für Landtechnik, Wieselburg, Heft 21. 1989.

AGROSTAT. Indicadores Gerais AGROSTAT. 2020. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em:<<http://indicadores.agricultura.gov.br/index.htm>>. Acesso em: 15 de Maio de 2020.

ALONÇO, A. S., et al. Projeto de uma bancada para ensaios de dosadores pneumáticos de sementes: fase informacional e conceitual. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 39, 2010, Vitória, Anais... Jaboticabal: SBEA, 2010, CDrom.

APROSOJA. **Associação Brasileira dos Produtores de Soja**. 2020 Disponível em:<<https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/>>. Acessado em: 23 de Maio de 2020.

BALASTREIRE, L. A. Máquinas Agrícolas. Piracicaba. 2005. 322p.

BALBINOT JUNIOR, A. A. **Densidade de plantas na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 36 p.

BONNIN ACOSTA, J. J. **Avaliação de diferentes protótipos de semeadoras em covas para semeadura direta de milho**. 2000. 84 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2000.

BREECE, H.E.; HANSEN, H.V.; HOERNER, T.A. **Planting**: fundamental of machinery operation. Moline: John Deere Service Training, 1975. 171 p.

CALONEGO, J.C.; POLETO, L.C.; DOMINGUES, F.N.; TIRITAN, C.S. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. Agrarian, Dourados, v.4, n.12, p.84-90, 2011.

CARPES, D.P.; ALONÇO, A.S. ; FRANCETTO, T.R. ; FRANCK, C.J. ; BELLE, M.P. ; MACHADO, O.D.C. . **Effect of different conductor tubes on the longitudinal distribution of soybean seeds.** Australian Journal of Crop Science (Online), v.10, p.1144-1150, 2016. Disponível em <[http:// www.cropj.com/august2016.html](http://www.cropj.com/august2016.html)> Acesso em 20 de Maio de 2020.

CASTELA JUNIOR, M.A.; OLIVEIRA, T.C.; FIGUEIREDO, Z.N.; SAMOGIM, E.M.; CALDEIRA, D.S.A. Influência da velocidade da semeadora na semeadura direta da soja. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v.10, n.19, p.1199-1207, 2014.

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.

CAVICHOLI, Fábio A. Sistema plantio direto: velocidade de semeadura e populações de plantas de milho. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/88268>>. Acesso em: 23 de Maio de 2020.

CERRI, D. G. P. **Desenvolvimento de um sistema de aplicação localizada de calcário a taxas variáveis.** 2001. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade de São Paulo - USP, São Paulo. 2001.

COELHO, J. L. D. Ensaio e certificação das máquinas para a semeadura. In: MIALHE, L. G. Máquinas agrícolas: ensaios & certificação. Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 551-570. Crop production in national humidity. Eurostat, 2018. Disponível em: < <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>> Acesso em: 3 de Junho de 2020.

COMPRES RURAL. **Novo recorde de produção de soja é da SLC Agrícola.** 2020 Disponível em: < <https://www.comprerural.com/novo-recorde-de-producao-de-soja-e-da-slc-agricola/>> Acesso em: 30 de Maio de 2020.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento.** 2020 Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 20 de março de 2020.

DELAFOSSÉ, R. M. Máquinas sembradoras de grano grueso, descripción y uso. Santiago: FAO,1986.

DIAS, V. de O. et al. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. Ciência Rural, v.39, n.6, p.1721-1728, 2009. Disponível em: Acesso em: 15 de maio 2020.

DIAS, V.O.; ALONÇO, A.S.; CARPES, D.P.; VEIT, A.A.; SOUZA, L.B. Velocidade periférica do disco em mecanismos dosadores de sementes de milho e soja. Ciência Rural, Santa Maria, v. 44, n. 11, p. 1973-1979, 2014.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. **Cultivares de Soja BRS** | Centro-Sul do Brasil | Macrorregiões 1, 2 e 3 e REC 401. Londrina: CGPE, 2019.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (EMBRAPA/CNPMS). **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2. ed. Brasília: Serviço de Produção e Informação, 1996. 204 p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. 2016
Disponível em: < <https://www.embrapa.br/macrologistica/exportacao>>. Acesso em: 7 de Fevereiro de 2020.

FAO. FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION **Global Report Food Crises 2018**.
Disponível em: < https://vam.wfp.org/sites/data/GRFC_2018_Full_Report_EN.pdf >. Acesso em: 18 de setembro de 2019.

FRANCETTO, T.R.; MACHADO, O.D.C.; ALONÇO, A.S.; FRANCK, C.J.; CARPES, D.P. **Variáveis complementares para avaliação da distribuição longitudinal de sementes**. In: XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2013, Fortaleza. Os Desafios para o Desenvolvimento Rural Sustentável. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2013.

FRANCETTO, T. R.; DAGIOS, R. F. ; LEINDECKER, J. A. ; ALONÇO, A. dos S. ; FERREIRA, M. F. Características dimensionais e ponderais das semeadoras-adubadoras de precisão no Brasil. *Tecno-lógica (Santa Cruz do Sul . Online)*, v. 19, p. 18-24, 2015.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour. In: DOSI, G. et al (Ed.). *Technical change and economy theory*. Londres: Pinter, 1988. p. 38-65.

FURLANI, C. E. A; SILVA, R.P; CARVALHO FILHO, A.; 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**, Viçosa – MG, v. 32, p. 345-352, 2008.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; ABRAHÃO, F. Z.; LEITE, M. A. S. Características da cultura do milho (*Zea mays L.*) em função do tipo de preparo do solo e da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n.2, p.177-186, 1999.

GARCIA, I. C.; JASPER, R.; JASPER, M.; FORNARI, A.J.; BLUM, J. Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.26, n.2, p.520-527, 2006.

IRLA, E.; HEUSSER, J. *Essais comparatifs de semoirs monograinne*. Tänikon: Station Fédérale de Recherches D'économie D'entreprise et de Génie Rural, 1991. 12 p.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7256/1: Sowing equipment – Methods of test – Part 1: Single seed drills (precision drills). Geneva, 1984. 16p.

KACHMAN, S.D.; SMITH, J.A. Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. Transactions of the ASAE, St Joseph, v.38, n. 2, p.379-387, 1995.

KEPNER, R. A.; BAINER, R.; BARGER, E. L. **Principles of farm machinery**. 3.ed. Westport: Avi, 527p. 1982.

KEPNER, R. A.; BAYNER, R.; BARGER, E. L. **Principles of farm machinery**. New York: John Wiley, 57p. 1978.

KLEIN, V.A.; SIOTA, T.A.; ANESI, A.L.; BARBOSA, R. Efeito da velocidade na semeadura direta de soja. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.22, n.1, p.75-82, 2002.

KLÜVER, B. Ablagegenauigkeit von Einzelkornsammaschinen für Körnerleguminosen. Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max- Eyth-Gesellschaft (MEG), Nr. 215, Kiel. 1991.

KURACHI, S.A.H.; COSTA, J.A.S.; BERNARDI, J.A.; COELHO, J.L.D.; SILVEIRA, G.M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaio e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. *Bragantia*, Campinas, v.48, n.2, p.249-262, 1989.

KURACHI, S.A.H.; SILVEIRA, G.M. da; COSTA, J.A. de S.; BERNARDI, J.A.; SILVEIRA, G.M. da; COELHO, J.L.D. **Avaliação tecnológica**: resultados de ensaios de mecanismos dosadores de sementes de semeadoras-adubadoras de precisão. Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. 47p. (Boletim Científico, 28).

LIU, W. et al. Impact of planter type, planting speed, and tillage on stand uniformity and yield of corn. *Agronomy Journal*, Madison, v. 96, n. 6, p. 1668-1672, 2004.

MACHADO, A.L.T. et al. Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais. 2.ed. Pelotas: UFPEL, 2005. 253 p.

MACHADO, O. D. D.; ALONÇO, A. S.; BELLÉ, M. P.; FRANCK, C. J. Acurácia das semeadoras-adubadoras à taxa variável. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 45, n. 7, p. 1205-1213, jul. 2015.

MAHL, D.; GAMERO, C.A.; BENEZ, S. H.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, A. R. B. Demanda energética e eficiência de distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.1, p.150-157, 2004.

MAHL, D.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H.; LEITE, M. A. S.; SILVA, A. R. B.; PONTES, J. R. V.; MARQUES, J. P.; GREGO, C. R.; COSTA, A. M. Distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes de uma semeadora-adubadora de plantio direto em função da velocidade e mecanismo sulcador. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD.

MANTOVANI, E.C.; BERTAUX, B. **Avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras de milho no campo**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPS/ABIMAQ – SINDIMAQ, 1990, 49P.

MELLO, A. J. R. et al. Produtividade de híbridos de milho em função da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.479-486, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162007000300017&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S0100-69162007000300017.

MIALHE, L. G. Máquinas agrícolas para plantio. Campinas: Millennium, 2012. p. 179.

MIALHE, L. G.; SANTOS, N.C. **Semeadoras**. Piracicaba: 1. USP/ESALQ, 1968. 22 p.

MIKHAIL, E.; ACKERMAN, F. Observations and least squares. New York: University Press of America, 1976. 497 p.

MODOLO, A. J.; SILVA, S. de L.; SILVEIRA, J. C. M. da MERCANTE, E. Avaliação do desempenho de duas semeadoras-adubadoras de Precisão em diferentes velocidades. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.12, n.4, p.298-306, 2004.

MONICO, J. F. G. et al. Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada. Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, v. 15, n. 3, p. 469-483, jul./set. 2009.

MOREIRA, A. R. **Avaliação de mecanismos dosadores na distribuição longitudinal de sementes de feijão-caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp)**. 2018. 65 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola: Mecanização Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

MURRAY, J. R. et al. Planters and their components: types, attributes, functional requirements, classification and description. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research. 2006, 178 p.

NAVID, H.; EBRAHIMIAN, S.; GASSEMZADEH, H.R.; MOUSAVI NIA, M.J. Laboratory evaluation of seed metering device using image processing method. Australian Journal of Agricultural Engineering, Lismore, v.2, n.1, p.01-04, 2011.

ÖNAL, Ü. **Bir pnömatik hassas ekim makinasi ile misir tohumunun ekim olanaklari üzerinde bir arastirma**. TÜBÜTAK V. Bilim Kongresi TOAG Tebligleri, 29 Eylül-2 Ekim, İzmir, pp. 253-273. 1975.

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

PAVEI, J. N. Importância do plantio no resultado do milho. *Jornal da área de assistência técnica*. Carambeí, #84, p.39-40, julho/agosto, 1991.

POSSEBOM, S. B. Desempenho de uma semeadora-adubadora e métodos de aplicação de inseticidas no sulco em plantio direto. 2011. 114 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2011.

REIS, A. V.; FORCELLINI, F. A. Análise da precisão funcional da semeadora. **Tecnológica**, Santa Cruz do Sul, RS, v.6, n.2, p.90-104, 2003.

REIS, A.V. Erros na semeadura. *Cultivar Máquinas*, n.2, p.12-13, 2001.

REYNALDO, E.F. et al. **Influência da velocidade de deslocamento na distribuição de sementes e produtividade de soja**. *Engenharia na agricultura*, Viçosa, v.24 n.1, p.63-67, 2016.

SANTOS, S. R. dos; WEIRICH NETO, P. H.; SATTLER, R. WOBETO,C; DENGLER; R. U.; TANABE, A. Distribuição de sementes de soja (*Glycine Max* (L) Merrill), sob diferentes discos perfurados e velocidades de avanço. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA,1, Londrina, 1999. Anais... Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA, 1999. p. 343.

SANTOS, A.J.M. et al. Análise espacial da distribuição longitudinal de sementes de milho em uma semeadora-adubadora de precisão. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 16-23, 2011.

SANTOS, S.R. dos; WEIRICH NETO, P.H.; FEY, E.; WOBETO, C. Variáveis dimensionais de sementes de soja que influenciam o processo de semeadura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.1, p.177-181, 2003.

SCHMIDT, A. V. et al. Semeadora adubadora para plantio direto. Porto Alegre: Emater, 1999. 56 p.

SHEARER, S. A. et al. Considerations for development of variable-rate controller test standard. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2002, Chicago. Proceedings... Chicago: ASAE e CGIR, 2002. p. 1-14.

SILVA, M.R. da. Classificação de semeadoras-adubadoras de precisão para o sistema plantio direto conforme o índice de adequação. 2003. 75f. (Dissertação). Mestrado em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

SILVA, J. G. da; KLUTHCOUSKI, J.; SILVEIRA, P. M.. Desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho sob plantio direto. *Scientia Agrícola*. v.57, n. 1 Piracicaba Jan./Mar. 2000. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-0162000000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 10 de junho de 2020.

SILVA, S.L. Projeto e construção de um sistema de aquisição de dados para avaliação do desempenho energético de máquinas e implementos agrícolas. 1997. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura)-UNESP, Botucatu, 1997.

SILVA, S.L. Avaliação de semeadoras para plantio direto: demanda energética, distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes em diferentes velocidades de deslocamento. 2000. 123 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

SILVA, M. & GAMERO, C.. (2010). Qualidade da operação de semeadura de uma semeadora-adubadora de plantio direto em função do tipo de martelete e velocidade de deslocamento. *Energia na agricultura*. 25. 10.17224/EnergAgric.2010v25n1p85-102.

SILVA, V. F. A.; Qualidade da semeadura direta de milho com dois mecanismos de pressão no disco sulcador sob duas velocidades. 2015. 64 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2015.

SILVEIRA, H. A. T. da, et al. Projeto e desenvolvimento de uma bancada de ensaios de dosadores pneumáticos: fase preliminar e detalhada. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 39, 2010, Vitória, Anais... Jaboticabal: SBEA, 2010, CD-rom.

SINGH, R. C.; SINGH, G.; SARASWAT, D. C.; Optimisation of Design and Operational Parameters of a Pneumatic Seed Metering Device for Planting Cottonseeds. *Biosystems Engineering*, v. 92, edição 4, p. 429-438. 2005.

SOUZA, J. R. L.; CUNHA, J. P. A. R.. Desempenho de uma semeadora de plantio direto na cultura do milho. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v.3, n.1, p.81-90, 2012.

STANDAGE, T. Uma história comestível da humanidade. Tradução de Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Zahar, 2010.

TORINO, M.C.; KLINGENSTEINER, P. Ensaio e avaliação de semeadoras-adubadoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 13., Rio de Janeiro, 1983. **Anais**. Rio de Janeiro: UFRRJ, 1983. v.2, p.103-116.

TOURINO, M.C.C.; REZENDE, 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, 2002.

TOURINO, M. C.C. Influência na velocidade tangencial dos discos de distribuição e dos condutores de sementes de soja, na precisão de semadoras. 1993. 114f. Dissertação de mestrado – UNICAMP, Campinas.

UHRY, D. Avaliação e critério para utilização de semeadora com sistema de taxa variável de sementes na cultura da soja. 141 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2013.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Prospective Plantings, 2020. Disponível em: <<https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/x633f100h/zp38wx43m/bk128w44q/pspl0320.pdf> >. Acesso em: 17 de Maio de 2020.

VIANNA, L. R. **Desenvolvimento de dosador de sementes com dupla saída para milho e feijão.** 2013. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ciências: Avaliação, otimização e desenvolvimento de tecnologias em mecanização agrícola)-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.