

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES DE
MILHO E SOJA EM FUNÇÃO DO TUBO CONDUTOR,
MECANISMO DOSADOR E DENSIDADE DE SEMEADURA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dauto Pivetta Carpes

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES DE MILHO E SOJA EM FUNÇÃO DO TUBO CONDUTOR, MECANISMO DOSADOR E DENSIDADE DE SEMEADURA

Por

Dauto Pivetta Carpes

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola.**

Orientador: Professor Dr. Airton dos Santos Alonço

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Pivetta Carpes, Dauto
DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES DE MILHO E SOJA
EM FUNÇÃO DO TUBO CONDUTOR, MECANISMO DOSADOR E
DENSIDADE DE SEMEADURA / Dauto Pivetta Carpes.-2014.
90 p.; 30cm

Orientador: Airton dos Santos Alonço
Coorientadora: Catize Brandelero
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2014

1. Mecanização agrícola 2. Engenharia Agrícola 3.
Espaçamentos aceitáveis entre sementes I. dos Santos
Alonço, Airton II. Brandelero, Catize III. Título.

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Dauto Pivetta Carpes. Permitida a reprodução de partes ou do todo deste trabalho mediante a citação da fonte.

Fone (0xx) 55 9983 5583; E-mail: dautoarpes@gmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a dissertação de mestrado**

**DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES DE MILHO
E SOJA EM FUNÇÃO DO TUBO CONDUTOR, MECANISMO
DOSADOR E DENSIDADE DE SEMEADURA**

elaborada por

Dauto Pivetta Carpes

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA:

Airton dos Santos Alonço, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Catize Brandelero, Dr^a (UFSM)

Carlos Antonio da Costa Tillmann, Dr. (UFPEl)

Santa Maria, 24 de janeiro de 2014

Aos meus pais Amâncio Dauto Flores Carpes e Saraí Pivetta Carpes por todo amor, carinho, incentivo e apoio, em todas as fases da minha vida, nunca medindo esforços para que eu pudesse alcançar os meus objetivos, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradecer, é o mínimo que podemos fazer para tantos que nos são caros, graças à Deus, pessoas são colocadas em nosso caminho ao longo de nossas vidas para nos ajudar a superar nossas dificuldades.

Agradeço à Deus princípio, meio e fim de tudo sem o qual torna-se impossível a nossa trajetória, dando-nos saúde, guiando nossos passos, oferecendo mãos que nos seguram, não nos deixando esmorecer.

Aos meus pais Amâncio Dauto Flores Carpes e Saraí Pivetta Carpes pela educação, por todo apoio, carinho e incentivo ao estudo que sempre me transmitiram.

À minha irmã Letícia e sua família que, sempre torceram e deram apoio em toda esta trajetória, enviando mensagens de incentivo e carinho. Minha afilhada Nathália e a sobrinha Gabriela que são a alegria de nossa família.

À tia Talita que sempre esteve com nossa família, auxiliando, nos cuidando e torcendo pela nossa felicidade.

Aos meus padrinhos Darzone e Sandra pelo constante apoio e presença.

Ao primo Felipe Carpes, pelo incentivo e também pelos conselhos valiosos para esta jornada.

À minha avó Letícia Gesleiner, pelas orações e torcida.

A minha namorada Juliana Parise pelo amor, carinho, compreensão e companheirismo ao longo destes anos em que estamos juntos.

Ao meu orientador Airtton dos Santos Alonço, pela amizade, companheirismo carinho e respeito e por me proporcionar a oportunidade de realizar o mestrado.

Aos professores Reges Durigon e Catize Brandelero por aceitarem fazer parte do comitê de orientação.

Agradeço a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) por todo conhecimento transmitido e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido a partir do segundo semestre do curso.

A todos os amigos e colegas do Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG), Alexandre Alttman, Benhur Ries, Giovanna Rist, Gustavo Bonotto, Íria Roggia, Kátia Cardinal, José Rene Gassen, Lauri de Biasi, Leodário Montemezzo, Mariana Rodrigues, Marisa Brasil, Paula Lassen, Paulo Bedin, Vilnei Dias, Ulisses Baumhardt, Rafael Becker e, em especial ao amigo Hendrigo Alberto Torchelsen da Silveira (*in memoriam*) pela amizade e companheirismo dentro e fora do laboratório enquanto esteve presente ao nosso lado.

Aos amigos André Veit, Lucas Souza e Fernando Rossato que me auxiliaram de forma incansável na execução dos ensaios para coleta dos dados.

Aos colegas de Laboratório e de pós-graduação Otávio Machado, Mateus Bellé, Tiago Francetto e Cristian Franck pelo auxílio, conversas, troca de experiências, e pela parceria de sempre.

Aos colegas de apartamento Adriano Arrué, Maiquel Pês e Cleber Batista pela amizade, descontração e também auxílio em algumas etapas deste estudo.

Aos meus amigos da cidade de Jaguari.

A STARA S. A. Indústria de Implementos Agrícolas pelo apoio.

A todas essas pessoas e também a algumas que aqui não foram citadas, mas que, de alguma forma contribuíram para a conclusão de mais essa importante etapa em minha vida, o meu muito obrigado.

“Algo só é impossível até que alguém duvide e acabe provando o contrário”.

Albert Einstein

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES DE MILHO E SOJA EM FUNÇÃO DO TUBO CONDUTOR, MECANISMO DOSADOR E DENSIDADE DE SEMEADURA

AUTOR: DAUTO PIVETTA CARPES
ORIENTADOR: AIRTON DOS SANTOS ALONÇO
Santa Maria, 24 de Janeiro de 2014.

A competitividade do setor agrícola faz com que os produtores busquem máquinas que desempenhem operações de uma forma mais precisa possível. Algumas culturas possuem grande sensibilidade à variação populacional e também ao arranjo dos espaçamentos entre as sementes na linha de semeadura. Dessa forma, o desempenho dos mecanismos de distribuição de sementes deve proporcionar o maior número possível de espaçamentos aceitáveis, o que irá contribuir para que a cultura alcance os níveis satisfatórios de produtividade. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do tipo de tubo condutor de sementes, combinados com um dosador de disco alveolado horizontal e um pneumático variando-se a densidade de semeadura e conseqüentemente a velocidade periférica dos discos dosadores de sementes. O experimento foi conduzido em laboratório obedecendo às normas ISO, ABNT e o Projeto de Norma da ABNT. Os tratamentos consistem na combinação de dois dosadores com seis tubos condutores, alterando a velocidade periférica do disco dosador para que fossem obtidas densidades de 250.000, 300.000, 350.000 e 400.000 sementes ha⁻¹ para soja e 60.000, 70.000, 80.000 e 90.000 sementes ha⁻¹ para milho, organizados em esquema fatorial com quatro repetições para cada cultura. Os tubos condutores foram selecionados quanto a sua angulação e diâmetro de entrada e saída das sementes, comprimento e formato, avaliando a influência pelo modo de liberação das sementes (natural ou forçada). Ao aumentar a densidade de sementes ha⁻¹ houve redução do percentual de espaçamentos aceitáveis, este efeito foi mais acentuado para as sementes de soja e quando utilizados tubos condutores com pequeno diâmetro e perfil reto. Para as sementes de milho os tubos condutores também causaram redução na regularidade de distribuição longitudinal, porém com menor intensidade quando comparada as sementes de soja.

Palavras-chave: Mecanização agrícola. Engenharia Agrícola. Espaçamentos aceitáveis entre sementes.

ABSTRACT

Master of Science Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

LONGITUDINAL DISTRIBUTION OF CORN AND SOYBEAN SEEDS IN EACH CONDUCTOR TUBE, FEEDER MECHANISM, AND PLANTING DENSITY

AUTHOR: DAUTO PIVETTA CARPES
ADVISER: AIRTON DOS SANTOS ALONÇO
Santa Maria, January 24nd, 2014.

The competitiveness of the agricultural sector allows producers to seek technology that operate, in a manner, precisely as possible. Some crops have great sensitivity to population change and also the arrangement of the spacing between seeds in the row. Thus, the performance of the seed distribution mechanisms should provide the widest possible range of acceptable spacing, which will contribute that the crop(s) will reach the satisfactory levels of productivity. The purpose of this study was to evaluate the effect of the type of conductor pipe, equipped with a horizontal honeycomb disc and a pneumatic, varying the sowing rate, and the peripheral speed of the seed feeder discs. The experiment was conducted in a laboratory complying with ISO, ABNT, and Project ABNT standards. Treatments consist of a combination of two feeders with six conductor pipes, changing the peripheral speed of the feeder disk to densities obtained: 250,000; 300,000; 350,000; and 400,000 seeds h^{-1} for soybean, and 60,000; 70,000; 80,000; and 90,000 seeds ha^{-1} for corn, arranged in a factorial design with four replications for each crop. The conductor tubes were selected based on shape and diameter input and output of seeds, length and size, and evaluating the influence of the way the seeds are released (natural or forced). By increasing the density of seeds ha^{-1} , it decreased the percentage of acceptable spacing, this effect was more accentuated for soybean seeds and when conductor tubes were used with small diameter pipes and straight profile. For corn seed conductor tubes, it also caused reduction in the longitudinal distribution of regularity, but with lower intensity when compared to soybean seeds.

Key words: Agricultural mechanization. Agricultural engineering. Acceptable spacing between seeds.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos mecanismos dosadores utilizados nos ensaios.....	41
Tabela 2 - Características dimensionais das sementes de milho e soja utilizadas nos ensaios.	45
Tabela 3 - Espaçamentos e densidade de semeadura para as sementes de milho e soja.	46
Tabela 4 - Configurações utilizadas nos dosadores.....	47
Tabela 5 - Análise de normalidade dos dados feita pelo teste de Kolmogorov – Smirnov para sementes de soja e milho.	50
Tabela 6 - Resultados da análise de variância e do teste de médias para precisão e espaçamentos entre sementes de soja.....	51
Tabela 7 - Desdobramento de médias da interação dosador (Fator 1) e tubo condutor (Fator 2), para a variável precisão em sementes de soja.	52
Tabela 8 - Desdobramento de médias da interação dosador (Fator 1) e tubo condutor (Fator 2), para a variável espaçamentos aceitáveis em sementes de soja.....	53
Tabela 9 - Desdobramento de médias de espaçamentos aceitáveis para interação Dosador (Fator 1) e Densidade de semeadura (Fator 3) em sementes de soja.	54
Tabela 10 - Desdobramento de médias de espaçamentos múltiplos para interação dosador (Fator 1) e tubos Condutores (Fator 2) em sementes de soja.	59
Tabela 11 - Desdobramento de médias de espaçamentos falhos para interação dosador (Fator 1) e tubos Condutores (Fator 2) em sementes de soja.	61
Tabela 12 - Resultados médios da análise de variância e do teste de médias para precisão e espaçamentos entre sementes de milho.....	62
Tabela 13 - Desdobramento de médias da interação Dosador (Fator 1) e Tubos condutores (Fator 2) para a variável precisão, em sementes de milho.	64
Tabela 14 - Desdobramento de médias da interação dosador (Fator 1) e tubos condutores (Fator 2) para a variável espaçamentos aceitáveis, em sementes de milho.	64
Tabela 15 - Desdobramento de médias da interação tubos condutores (Fator 2) e densidade de semeadura (Fator 3) para a variável espaçamentos aceitáveis, em sementes de milho.	66
Tabela 16 - Desdobramento de médias da interação dosador (Fator 1) e tubos condutores (Fator 2) para a variável espaçamentos múltiplos, em sementes de milho.	67
Tabela 17 - Desdobramento de médias da interação tubos condutores (Fator 2) e densidade de semeadura (Fator 3) para a variável espaçamentos múltiplos, em sementes de milho.	68
Tabela 18 - Desdobramento de médias da interação dosador (Fator 1) e tubos condutores (Fator 2) para a variável espaçamentos falhos, em sementes de milho.	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Influência da conformação do tubo condutor na liberação das sementes.	31
Figura 2 - Ilustração do efeito do ricochete da semente dentro do tubo condutor.....	32
Figura 3 - Trajetória e ponto de impacto inicial da semente dentro do tubo conforme velocidade periférica do disco dosador.....	33
Figura 4- Variação de trajetória da semente dentro do tubo condutor, proporcionando atraso na queda da semente.....	35
Figura 5 - Bancada de ensaios de dosadores de sementes	38
Figura 6 - Esteira utilizada para deposição de sementes e simulação de deslocamento da semeadora	38
Figura 7 - Dosador Pneumático Planting Precision®	39
Figura 8 - Ventilador centrífugo Matermacc® para geração do Vácuo do dosador pneumático.....	40
Figura 9 - Dosador de discos horizontais STARA®	41
Figura 10 - Suporte de fixação de tubos condutores na bancada de ensaio.....	42
Figura 11 - Dispositivo utilizado para determinação do ângulo de repouso das sementes...	43
Figura 12 - Determinação do ângulo de repouso de sementes de milho.	44
Figura 13 - Determinação do ângulo de repouso de sementes de soja.	44
Figura 14 - Equações de regressão para as quatro densidades de semeadura e aumento da velocidade periférica do disco dosador e percentuais de espaçamentos aceitáveis para sementes de soja. DDH= Dosador disco horizontal.	56
Figura 15 - Equações de regressão para as densidades de semeadura e aumento da velocidade periférica do disco dosador e percentuais de espaçamentos aceitáveis para sementes de soja. DP=Dosador pneumático.	58

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

kPa	kilopascal
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
LASERG	Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas
RPM	Rotações por minuto
CAD	Computer Aided Design (Desenho assistido por computador)
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
ASAE	American Society of Agricultural Engineers
RT	Relação de transmissão
ISO	Internacional Organization for Standardization
Xref	Espaçamento teórico nominal
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ANOVA	Análise da variância
CV	Coeficiente de variação
DDH	Dosador de disco horizontal
DP	Dosador pneumático de disco vertical
T1	Tubo Condutor 1
T2	Tubo Condutor 2
T3	Tubo Condutor 3
T4	Tubo Condutor 4
T5	Tubo Condutor 5
T6	Tubo Condutor 6
Sem ha⁻¹	Sementes por hectare

LISTA DE ANEXOS E APÊNDICE

Apêndice A - Especificações dos tubos condutores utilizados nos ensaios	81
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. HIPÓTESES	17
3. OBJETIVOS	17
3.1 Objetivo geral.....	17
3.2 Objetivos específicos	18
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
4.1 Fatores relacionados à distribuição longitudinal de sementes.	19
4.2 Fatores relacionados à velocidade de deslocamento, velocidade periférica do disco dosador e mecanismos dosadores de sementes.	23
4.3 Fatores relacionados a tubos condutores de sementes.	29
5. MATERIAL E MÉTODOS	37
5.1 Local.....	37
5.2 Material.....	37
5.3 Bancada de Ensaios.....	37
5.4 Dosadores de sementes.....	39
5.5 Tubos Condutores de sementes	41
5.6 Sementes	42
5.7 Metodologia.....	45
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
6.1 Resultados dos ensaios com sementes de soja	51
6.2 Resultado dos ensaios com sementes de milho.	62
7. CONCLUSÕES	70
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

1. INTRODUÇÃO

Diferentemente de outras operações, a semeadura de uma cultura é realizada uma única vez durante o seu ciclo e é esta operação que poderá influenciar no potencial produtivo da lavoura, o que acentua, sobremaneira, a importância da mesma. A obtenção de informações sobre os fatores que interagem na lavoura e como podem maximizar os seus efeitos, parece crucial.

A competitividade existente no setor agrícola, cada vez mais exige a diversificação dos sistemas de produção. Segundo Sattler et al. (1998), isto faz com que o produtor venha a requerer equipamentos com preços acessíveis e com mecanismos cada vez melhores e precisos.

Para que a cultura implantada apresente as condições mais propícias de desenvolvimento e produção é importante a cuidadosa atenção ao ato de semear e adubar, os quais deverão ser realizados eficientemente, seguindo recomendações agronômicas, principalmente no que se refere à quantidade e localização de adubo e sementes.

O aumento da produtividade das culturas é uma meta buscada por produtores e pesquisadores. Para alcançar este objetivo, um dos principais fatores envolvidos é o estabelecimento de um estande com plantas uniformemente distribuídas nas linhas, utilizando com eficiência os recursos disponíveis no ambiente como, por exemplo, solo, água e radiação solar. Um dos fatores a se observar nas semeadoras é a posição do reservatório de sementes e o tipo de tubo condutor utilizado, pois estes podem influenciar diretamente na distribuição longitudinal de sementes no sulco de semeadura (BUTIERRES 2005).

O uso de tubos condutores muito longos pode possibilitar a ocorrência de alterações na trajetória das sementes, devido ao retardamento das mesmas ocasionado pelo repique das sementes com as paredes internas dos condutores.

Copetti (2003) constatou que o aumento da velocidade também provoca variação na trajetória das sementes, desde sua liberação do dosador até o solo, causado pelo “repique” dentro do condutor, atrasando ou antecipando a queda das mesmas. O excesso de velocidade também pode provocar o rolamento das sementes dentro do sulco. Estes fatores podem ser avaliados a campo através da observação da germinação das plantas e dos espaçamentos e/ou também em

laboratório através da utilização de esteiras que simulam o deslocamento do conjunto trator semeadora e a deposição de sementes na linha de semeadura.

Endres e Teixeira (1997) comentam que, para melhorar a eficiência da operação de semeadura, a distribuição espacial das plantas é um fator de grande importância. Os autores dizem ainda que, espaços não preenchidos com sementes podem causar menores perdas de produtividade do que espaços preenchidos com mais de uma semente, devido à competição entre plantas. O problema apontado pelos autores, poderá ser amenizado por um ajuste adequado da máquina semeadora-adubadora com relação a seleção dos discos dosadores de acordo com as características das sementes, e, principalmente, o mecanismo dosador de sementes utilizado. Quanto menores forem os fatores de influência que atuam nos mecanismos que realizam a distribuição longitudinal de sementes, maiores serão as possibilidades de se obter um bom nível de precisão na semeadura.

Deste modo, a realização deste trabalho, foi justificada por avaliar a interferência causada na distribuição de sementes pelo tipo de dosador, pneumático e também de discos horizontais, pela variação da velocidade periférica do disco dosador de sementes e pelos tubos condutores conforme o modelo, diâmetro, disposição na máquina e altura em relação ao solo, curvatura de descarga da semente e a sua interferência na distribuição longitudinal de sementes de milho e também de soja. As avaliações foram realizadas através da observação de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos observados com ensaios em laboratório.

2. HIPÓTESES

I. Se a altura do dosador em relação ao solo, a forma de liberação da semente, (natural ou forçada), e a conformação do tubo condutor, (diâmetro e formato), alteram a velocidade e trajetória da semente e, por isso afetam a distribuição longitudinal, então, o menor comprimento do tubo condutor, assim como, formato, angulação e diâmetro adequados, podem melhorar a distribuição longitudinal na linha de semeadura.

II. Se ângulos retos causam maior repique quando as sementes atingem o solo e conseqüentemente promovem a geração de espaçamentos múltiplos ou falhos, então, tubos condutores com perfil parabólico podem reduzir a velocidade de queda das mesmas evitando este fenômeno, uniformizando a distribuição no sulco de semeadura.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Este trabalho teve por objetivo avaliar a interferência causada na distribuição de sementes pelo tipo de dosador, pela variação da velocidade periférica do disco dosador e pelos tubos condutores conforme o modelo, diâmetro, disposição na máquina e altura em relação ao solo, curvatura de descarga e a sua interferência na distribuição longitudinal de sementes de milho e soja. As avaliações foram realizadas através da observação de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos coletados nos ensaios em laboratório.

3.2 Objetivos específicos

- Verificar se existe influência pelo modo de liberação das sementes (natural ou forçada), bem como o formato das mesmas, juntamente com a variação da velocidade periférica do disco dosador e a alteração da densidade de semeadura com o tipo de tubo condutor utilizado, avaliando a distribuição longitudinal de sementes;
- Estabelecer uma conformação ideal de tubo condutor com o tipo de dosador utilizado, verificando/ observando a interferência na distribuição das sementes, bem como demonstrar quais as velocidades periféricas do disco dosador podem ser limitantes para a precisão na distribuição longitudinal de sementes para cada modelo de tubo condutor.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Fatores relacionados à distribuição longitudinal de sementes.

A baixa população de plântulas pode ser consequência de problemas relacionados com a regulação das semeadoras-adubadoras de precisão (Embrapa, 1996), além do funcionamento de mecanismos como os discos de corte da palha, velocidade de deslocamento e a adequação do orifício do disco dosador em função do tamanho da semente (SANTOS et. al., 1999).

Conforme Mantovani (2003), o milho é uma cultura que exige um bom estande de plantas com uma distribuição uniforme e os mecanismos dosadores, tem por função realizar a distribuição de sementes sem ocasionar danos mecânicos nas mesmas.

Na condução das sementes até o fundo do sulco, podem-se citar, entre os principais fatores que reduzem a precisão da distribuição longitudinal de sementes, a perda de energia cinética devido ao contato com as paredes internas dos condutores e a velocidade de impacto da semente ao atingir o solo, provocando saltos e rolamento no fundo do sulco (MONTEIRO, 1989).

Kurachi et al. (1989), afirma que a distribuição longitudinal das plantas na linha deve ser uniforme, e os espaçamentos entre elas devem atender ao número agronomicamente recomendado de plantas ha^{-1} .

Coelho (1996) recomenda que semeadoras equipadas com dosadores pneumáticos, devem proporcionar uma distribuição longitudinal de sementes nas linhas acima de 90% de aceitáveis, as que possuem dosadores de discos alveolados horizontais acima de 60%.

Segundo a ABNT (1984), semeadora de precisão é uma máquina agrícola que tem por função depositar as sementes em sulcos, individualizadas ou em grupos, a distâncias regulares, seguindo uma densidade de semeadura pré-estabelecida (SATTLER, 2000).

De acordo com Rocha et al. (1998), as semeadoras equipadas com dosadores pneumáticos de discos verticais, possuem uma maior eficiência na

distribuição longitudinal em comparação as equipadas com dosadores de disco alveolado horizontal. O autor comenta ainda que, os mecanismos dosadores de sementes estão dispostos a uma certa distância em relação ao solo, e depois de dosadas, as sementes são liberadas para os tubos condutores em queda livre até o solo. Sendo assim, esta queda pode interferir no desempenho dos mecanismos dosadores.

Delafosse (1986) relatou que a distribuição de sementes no sulco de semeadura, pode exercer influência direta sobre o rendimento da cultura pela competição existente entre as plantas por água, nutrientes, luz ou espaço vital. De acordo com este autor, a uniformidade de distribuição de sementes e um estande adequado, podem ser apontados como fatores de grande influência na produtividade do milho.

Justino et. al.(1998) concluíram que a velocidade de deslocamento da semeadora poderá alterar o arranjo das sementes na linha de semeadura, e não interferir na população final de plantas.

Dentre estes fatores, de acordo com Kurachi et al. (1989), a velocidade de semeadura é citada como uma das mais importantes.

Pacheco (1996) informa que a desuniformidade no estabelecimento de plantas poderá dificultar operações subsequentes durante o ciclo da cultura como pulverizações, tratos culturais e a colheita.

Queiroz (1975) afirma que a semeadura é uma das fases mais críticas na produção da cultura da soja, sendo os fatores mais importantes a distância entre linhas, a quantidade de sementes, a profundidade de semeadura e o espaçamento entre sementes no sulco. O resultado destes fatores são a maior necessidade de cultivo, possibilidade de acamamento prejudicando a colheita mecanizada e um baixo vigor das plantas resultando em uma baixa produtividade.

Endres (1996) concluiu que, se as plantas estiverem distribuídas de maneira uniforme na linha de semeadura, o fator população de plantas é o que menos influencia na produtividade da cultura. Ainda conforme este autor, os ganhos ou perdas de produtividade são decorrentes da densidade das plantas e de seu espaçamento na linha de semeadura.

Teixeira et al. (2006) avaliaram o efeito da densidade de plantas e do espaçamento entre linhas no desempenho de cultivares de milho desenvolvidas pela (EMBRAPA 1996). Os autores concluíram que a variação de densidade de 40 até 90

mil plantas ha⁻¹, proporcionou uma variação de rendimento de grãos, oscilando conforme o genótipo.

As pesquisas realizadas por Tourino et al. (1993), mostraram que a distribuição espacial das plantas na linha de semeadura, pode determinar perdas em torno de 15 % ou mais, na cultura de milho, 35 % ou mais, na de girassol e 10 % ou mais, na de soja.

A correta distribuição longitudinal de sementes na linha de semeadura, proporcionará um correto arranjo de plantas sendo de grande importância na eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelas folhas para a produtividade da cultura. Este efeito é de maior significância no milho, devido a características morfológicas, anatômicas e fisiológicas das plantas (SANGOI, 2001).

A uniformidade das sementes pode ser outro fator a ser considerado, de modo que poderá influenciar na distribuição longitudinal de sementes e no desempenho da máquina semeadora. De acordo com Mantovani et al. (1999), as semeadoras equipadas com disco horizontal alveolado, apresentam maior sensibilidade a variação do tamanho de sementes podendo dificultar o preenchimento dos alvéolos e também a seleção dos discos dosadores.

Já na cultura da soja, uma má distribuição longitudinal de sementes com plantas mal distribuídas na linha podem provocar alterações na produtividade da lavoura. Em pontos onde existe acúmulo ou com espaçamentos duplos, podem gerar plantas mais altas e com menor número de ramificações, tendo uma maior tendência ao acamamento pela baixa resistência da haste, assim como uma menor produção individual. Já quando ocorrem espaços vazios ou falhos, pode ocorrer além do favorecimento ao desenvolvimento de plantas daninhas uma redução do porte das plantas, o que poderá acarretar em uma maior dificuldade da colheita mecanizada, além de afetar a produtividade da cultura (TOURINO et al. 2002).

Porém Peske e Schuch (2008), afirmam que a soja e o arroz, são culturas que, geralmente, conseguem compensar variações no número de plantas por área. No caso do milho, os híbridos que atualmente estão disponíveis no mercado agrícola, são pouco tolerantes a variação de população e espaçamento, devido a baixa capacidade de perfilhamento e produção, que normalmente é de uma espiga por planta.

A cultura da soja tem o fechamento do dossel diretamente influenciado pelo

espaçamento entre plantas (HEIFFIG et al. 2006). Os autores citam ainda que, algumas cultivares apresentam alta plasticidade e adaptação, de forma que o índice de área foliar aumenta com a elevação da densidade de plantas. De acordo com Rambo et al. (2004), a soja é normalmente cultivada com densidade de 400 mil plantas ha^{-1} e espaçamentos entre linha de 0,4 ou 0,5 m.

Conforme a EMBRAPA (2008), a soja apresenta grande resposta ao arranjo espacial de plantas, variando o número de ramificações, de vagens, grãos por vagem e o diâmetro do caule. As variações de densidade podem ser de 200 a 500 mil plantas ha^{-1} e, normalmente, não influenciam no rendimento de grãos ou, somado a outros fatores, podem influenciar pouco.

Com resultados encontrados por Queiroz (1975) e Rosolem et al. (1983), é possível afirmar que a distribuição longitudinal poderá gerar prejuízos na produtividade da cultura, assim como prejudicar a operacionalidade da colheita mecanizada. De acordo com Schuch e Peske (2010), em uma lavoura com alto potencial produtivo, as plantas estão sujeitas a competição entre si. Quanto mais próximas umas das outras, maior será o grau de competição e conseqüentemente, menor o rendimento de grãos dessas plantas.

Alguns pesquisadores realizam a avaliação da distribuição longitudinal de sementes alguns dias após a emergência das plantas, porém, segundo Kachman e Smith (1995) e Lan et al.(1999), este tipo de avaliação poderá aumentar a variabilidade dos resultados na comparação dos resultados entre as semeadoras, de modo que podem ocorrer falhas na germinação das sementes, ocasionando falhas nos espaçamentos entre as sementes distribuídas.

Kachman e Smith (1995) indicam que, para um bom nível de precisão das medidas baseadas em espaçamentos teóricos como índice de aceitáveis, múltiplos e falhos, o coeficiente de variação máximo é de 29 %. Acima deste valor, a precisão é considerada inadequada para avaliação de desempenho de semeadoras.

4.2 Fatores relacionados à velocidade de deslocamento, velocidade periférica do disco dosador e mecanismos dosadores de sementes.

A velocidade de semeadura e a população de plantas de milho possuem uma relação decrescente, conforme citado por Fey e Santos (2000), ocorre uma redução de produtividade de grãos, número de espigas e quantidade de grãos por espigas, além da redução dos espaçamentos aceitáveis entre as sementes no sulco de semeadura. A velocidade de deslocamento é um dos fatores mais importantes e pode interferir não só na qualidade, mas também no rendimento operacional da semeadura.

De acordo com Oliveira et al. (2000) o incremento de velocidade influencia significativamente no número de sementes por hectare, população final de plantas, profundidade de semeadura e na distribuição longitudinal de sementes.

Fey et al. (2000) afirma que a uniformidade de distribuição longitudinal foi afetada pelo aumento da velocidade de deslocamento, mas a população de plantas e a produtividade de grãos não sofreu influência.

Experimentos realizados por Nielsen (1995), em Indiana (EUA), mostraram que para cada $1,5 \text{ km h}^{-1}$ de aumento de velocidade, as perdas na produtividade de milho podem variar de 125 a 325 kg/ha. Isto ocorre devido ao fato de que, conforme é aumentada a velocidade de deslocamento da semeadora, aumenta-se a velocidade de rotação do disco dosador diminuindo o tempo para que ocorra o preenchimento dos alvéolos do disco e também a capacidade do dosador individualizar as sementes, aumentando o número de falhas e duplos, resultando em uma má distribuição espacial de plantas.

Em avaliações realizadas pela EMBRAPA (1996), alternando-se as velocidades de semeadura de milho, concluiu-se que houve um aumento do percentual de falhas de 7,1% para 24,9%, quando a velocidade passou de 4,5 km/h para $8,0 \text{ km h}^{-1}$. Já o percentual de duplos passou de 8,2% para 14,1%, para a mesma variação de velocidade. O percentual de espaçamentos aceitáveis sofreu redução de 84,7%, na velocidade de $4,5 \text{ km h}^{-1}$, para 61,0%, quando a velocidade foi aumentada para 8,0 km/h.

Conduzindo um trabalho em solo com plantio direto, Silva et al. (2000) verificaram o estabelecimento da cultura do milho com uma semeadora-adubadora

utilizando mecanismos dosadores de discos horizontais alveolados, com velocidades de deslocamento de 3,0; 6,0; 9,0; e 11,2; km h^{-1} . Foi observado que nas maiores velocidades de deslocamento houve uma redução de plantas na linha de semeadura. A uniformidade de distribuição longitudinal de sementes foi excelente com a velocidade de 3,0 km h^{-1} , regular para 6,0 e 9,0 km h^{-1} e insatisfatória para 11,2 km h^{-1} . As velocidades de deslocamento de até 6,0 km h^{-1} , resultaram maiores estandes de plantas e proporcionaram o maior rendimento de grãos.

Nas semeadoras-adubadoras, segundo Lopes (2012), dentre os dosadores mais utilizados, destacam-se os pneumáticos e os de disco horizontal. Os dosadores pneumáticos apresentam maior precisão e menor nível de danos a sementes, porém, apresentam preço de aquisição mais elevado. Já os dosadores de discos horizontais, que tem uso mais frequente, os mais utilizados são os que possuem discos de alvéolos com linhas duplas, que possivelmente proporcionam uma melhor distribuição longitudinal de sementes.

A avaliação de mecanismos dosadores pneumáticos, ao nível de laboratório segundo Kurachi et al. (1989), considera os principais aspectos como a velocidade de deslocamento da semeadora, que pode ser simulada em bancada de ensaios pela mudança da velocidade periférica do disco dosador, as regulagens básicas do mecanismo dosador e as posições do mecanismo em relação ao solo.

Conforme Portella (1997), dosadores mecânicos de precisão, possuem discos alveolados que ao girar captam e alojam sementes até a abertura de saída fazendo a sua liberação. Já os dosadores pneumáticos, utilizam o ar como forma de captação da semente, possuindo discos verticais perfurados nos quais atuam a sucção do ar fixando as sementes até chegar a um ponto de liberação, onde a sucção é eliminada ocorrendo a liberação da semente.

Avaliando mecanismos dosadores, Delafosse (1986), Pacheco et al. (1996), Silva et al. (2000), recomendam que a velocidade periférica do disco dosador de sementes deve ser, no máximo, de 0,29 m s^{-1} , para que não proporcione a redução dos espaçamentos aceitáveis entre sementes na linha de semeadura devido as falhas de deposição.

Wanjura e Hudspeth (1968) realizaram experimentos com semeadoras equipadas com dosadores de discos horizontais e avaliando sementes de algodão e concluíram que a maior uniformidade de distribuição ocorreu com velocidades periféricas do disco dosador menores que 0,12 m s^{-1} .

O aumento de densidade de sementes a serem distribuídas por metro linear requer um aumento de velocidade periférica dos discos dosadores. Conforme recomendações, no centro do alvéolo, não deve passar de $0,29 \text{ m s}^{-1}$ (FAO)¹ e $0,31 \text{ m s}^{-1}$ (ASAE)¹.

De acordo com Tourino (1993), o preenchimento dos alvéolos do disco dosador, está diretamente relacionado com o tempo de exposição das sementes ao alvéolo. Em velocidades elevadas, há um menor tempo, bem como, poderá existir interferência do tubo condutor, podendo conseqüentemente ocorrer falhas na deposição. Já em velocidades mais baixas, o autor relata que pode ocorrer um maior preenchimento dos alvéolos ocasionando a liberação de sementes duplas.

Mantovani et al. (1999), afirma que, com o aumento da velocidade de deslocamento da semeadora acarreta no aumento da velocidade periférica do disco dosador de sementes, podendo ocasionar danos mecânicos as sementes, assim como reduzir o preenchimento dos alvéolos dos discos.

Razera (1979), observou que, quando a velocidade aumentou de 4 km h^{-1} para 8 km h^{-1} , a porcentagem de sementes quebradas pela ação do mecanismo dosador aumentou 13%. Este aumento, ocorre devido ao acréscimo de velocidade de deslocamento implicar em uma maior velocidade periférica do disco dosador de sementes, causando maiores danos mecânicos devido a choques, abrasões pelo raspador e exclusor de duplas e também orifícios do disco.

Dambrós (1998), avaliou semeadoras com dosadores pneumáticos e também equipadas com dosadores de discos horizontais com diferentes velocidades de deslocamento, o autor concluiu que, a semeadora-adubadora equipada com dosador pneumático, obteve o maior percentual de espaçamentos aceitáveis na velocidade de 5 km h^{-1} , sendo o parâmetro utilizado para determinar a precisão de semeadura baseado na variabilidade de plantas em cada linha.

De acordo com Coelho (1996), as semeadoras equipadas com dosadores pneumáticos devem proporcionar uniformidade de espaçamentos em torno de 90% ou mais e, as equipadas com dosadores de discos horizontais, em torno de 60% ou mais.

Bernacki et al. (1984), afirma que o aumento da velocidade periférica ocasiona um preenchimento deficiente dos alvéolos, e conseqüentemente, reduz a uniformidade de deposição destas sementes no solo.

¹ De acordo com Delafosse (1986).

Reis e Alonço (2001), realizaram um estudo comparativo da precisão na distribuição de sementes por diversos mecanismos dosadores, entre os anos de 1989 e 2000 e concluíram que, nas velocidades de semeadura acima de $7,5 \text{ km h}^{-1}$, a precisão na distribuição longitudinal de sementes em dosadores pneumáticos e também de disco horizontal perfurado é semelhante. Os erros de deposição podem ser resultado das variações que ocorrem na trajetória da semente, a partir da liberação pelo dosador até atingir o solo, causado pelo rolamento e/ou ricocheteamento² da semente ao entrar em contato com as paredes do tubo condutor, e também pelo seu rolamento após entrar em contato com o solo no sulco de semeadura.

De acordo com Pacheco et al.(1996), após a liberação pelo mecanismo dosador, as sementes adquirem um aumento de velocidade de queda devido a variação da altura do mecanismo dosador e a aceleração da gravidade, sofrendo influência de um componente horizontal pela velocidade de avanço da semeadora, este componente causa um rolamento ou faz com que as sementes saltem para fora do fundo do sulco de semeadura no momento do impacto com o solo.

Camilo et al. (2004), trabalhando com as velocidades de (3,5; 5,0; 6,0; km h^{-1}) concluíram que a uniformidade de distribuição não foi afetada. A justificativa para tal fato é a de que o mecanismo dosador estava mais próximo do solo, evitando assim o ricocheteio das sementes dentro do tubo condutor. A maioria das semeadoras-adubadoras de precisão disponíveis no mercado, estão equipadas com mecanismos dosadores que não atendem totalmente ao pré-requisito de uniformidade de distribuição de sementes.

Segundo Silva (1997), vários fatores operacionais e algumas características do projeto podem influenciar no bom funcionamento e distribuição longitudinal de sementes pela máquina semeadora no solo.

Karayel et al. (2004), analisando algumas propriedades físicas das sementes como massa específica, esfericidade, área projetada e massa de mil grãos, determinaram que estes são os fatores mais importantes para o estabelecimento da pressão negativa em semeadoras equipadas com dosadores pneumáticos. Trabalhando com uma densidade de 9,5 sementes de soja m^{-1} , os autores encontraram uma pressão ideal de 3 kPA. Valores menores ou maiores do que o ideal, causaram redução na precisão de distribuição.

² Rebatimento das sementes no interior do tubo condutor.

Para que a semeadora-adubadora possua um bom nível de precisão, de acordo com Portella (1997), é necessário que as sementes possuam uniformidade de tamanho e forma, especialmente quando são utilizados dosadores mecânicos. Se a semente for desuniforme, existe a possibilidade de que ocorra preenchimento de mais de uma semente por alvéolo, podendo ser danificadas pelo mecanismo exclusor de sementes ou ocasionarem espaçamentos falhos no sulco da semeadura.

Com relação à velocidade de deslocamento, Copetti (2003), cita que a ideal é aquela em que o sulco de semeadura abre e fecha com o mínimo possível de revolvimento de solo, bem como possibilite a semeadora efetuar a distribuição longitudinal das sementes nas quantidades pré-estabelecidas evitando ao máximo a ocorrência de grãos duplos e falhas.

Balastreire et al. (1990), avaliando nove semeadoras com diferentes sistemas dosadores para cultura do milho, verificou que a distribuição longitudinal de sementes foi sensível ao aumento de velocidade de deslocamento, aumentando a irregularidade com o acréscimo de velocidade de operação.

As semeadoras adubadoras são sensíveis ao aumento da velocidade de deslocamento com relação a precisão na distribuição longitudinal de sementes, de acordo com Kurachi et al. (1993), pode ocorrer uma diminuição na quantidade de sementes distribuídas por unidade de área, independente do nível de tecnologia, se a máquina é equipada com dosadores do tipo disco horizontal perfurado, inclinado ou pneumático.

Avaliando uma semeadora equipada com dois mecanismos dosadores, utilizando diferentes velocidades de deslocamento, Mello et al. (2001), observaram que a mesma, equipada com dosador pneumático apresentou melhor desempenho em relação a semeadora equipada com discos horizontais perfurados na distribuição longitudinal de sementes, sendo as médias 85,4 e 77,4% de espaçamentos aceitáveis, respectivamente.

Delafosse (1986), avaliando a dosagem de sementes por um dosador tipo disco horizontal, observou que o aumento da velocidade de semeadura pode causar perdas na precisão da distribuição de sementes graúdas como soja, milho, girassol e feijão. Conforme norma técnica para ensaios em laboratório ABNT (1984), considera-se espaçamento “duplo” quando a distância entre sementes é menor que 0,5 vezes o espaçamento nominal; “falhas” quando a distância entre sementes é

maior que 1,5 vezes o espaçamento nominal e, “aceitáveis” quando os espaçamentos estiverem entre 0,5 a 1,5 vezes o espaçamento nominal.

Mantovani e Bertaux (1990), observaram que, ao aumentar a velocidade de deslocamento da semeadora-adubadora, a distribuição longitudinal de sementes tornou-se irregular e fora dos padrões aceitáveis, porém, em uma das máquinas avaliadas, com o aumento da velocidade de deslocamento houve uma melhoria significativa de seu desempenho na distribuição de sementes. Segundo os autores, a possível explicação para este fato é que a velocidade em que a máquina se deslocava e a velocidade tangencial do disco dosador se aproximaram da proporção ideal, associado a altura do dosador e comprimento do tubo condutor que causaram baixa interferência na dosagem das sementes.

Jasper et al. (2009), avaliando duas esteiras em laboratório para simulação de deposição de sementes de milho no solo, não encontraram diferença significativa do número de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos entre a esteira revestida com feltro e outra revestida com graxa, portanto, a utilização da esteira de borracha revestida com feltro é eficiente para a coleta e fixação das sementes.

A metodologia de ensaios para semeadoras de precisão em laboratório avaliando a regularidade de distribuição longitudinal é realizada baseada no projeto de norma (04:015.06-004/1996), estabelecido pela ABNT (1996), os fatores observados que afetam a distribuição longitudinal são a velocidade de semeadura, densidade de sementes e o nível de reservatório, (CHHINNAN et al., 1975; DELAFOSSE, 1986; KURACHI et al., 1989).

Tourino e Klingensteiner (1983), elaboraram critérios para classificar o desempenho das semeadoras, quando distribuíram de 90 a 100% das sementes na faixa de espaçamentos aceitáveis, é considerado como ótimo. De 75 a 90% de espaçamentos aceitáveis, são consideradas de bom desempenho. De 50 a 75% de espaçamentos aceitáveis, possuem desempenho regular e, abaixo de 50%, são classificadas como tendo desempenho insatisfatório.

4.3 Fatores relacionados a tubos condutores de sementes.

Como o próprio nome indica, a função destes componentes que equipam as máquinas semeadoras, é de conduzir as sementes até o leito de semeadura após a sua liberação. Copetti (2003), cita que os principais fatores a afetarem o erro de deposição de sementes são: a altura do mecanismo dosador (deve ser a menor possível); forma de deposição (por gravidade ou por fluxo de ar); velocidade da semente (depende da velocidade do dosador, quanto maior a velocidade, menor a precisão e a altura do mecanismo dosador); configuração do tubo condutor (diâmetro, rugosidade interna, inclinação, angulação e altura em relação ao solo). A eficiência de qualquer sistema de distribuição de sementes tenderá a ser melhor quanto menor for a distância entre o dosador de sementes e o sulco de semeadura.

De acordo com Chhinnan et al. (1975), a uniformidade de distribuição das sementes pode ser afetada devido a interação semente com o tubo condutor, esta poderá causar variações na trajetória das sementes durante a sua liberação.

Com relação a esta interação, Bainer (1963) afirma que o atraso de uma semente dosada em um pequeno intervalo de tempo, fará com que a próxima semente alcance a já dosada, resultando em uma deposição irregular ocasionando um espaçamento falho ou duplo no sulco (dependendo da velocidade periférica do disco dosador).

Conforme Siqueira et al. (2002), a distância da porção terminal do tubo de descarga até o fundo do sulco poderá afetar a distribuição longitudinal das sementes. Os condutores, geralmente corrugados, devem ter paredes internas lisas, devido ao fato de que, ao serem liberadas pelos mecanismos dosadores, as sementes podem entrar em contato com as paredes laterais do tubo de descarga, aumentando o tempo para a sua deposição no solo num processo denominado ricocheteamento.

Wilson (1980), avaliou os erros de deposição de sementes no solo com dois tipos de mecanismos dosadores, e, independente do tipo de dosador, o autor afirma que o mecanismo deve ser mantido o mais próximo possível do solo, diminuindo as interações ocorridas e as variações na trajetória das sementes até o fundo do sulco.

Outro aspecto pouco estudado, é a condição interna da superfície do tubo, quando novos, geralmente possuem uma superfície interna lisa, causam pouco

atrído, após certo tempo de uso, surgem arranhões devido ao desgaste e a superfície torna-se áspera dificultando o deslizamento da semente pelo interior do tubo condutor (NIELSEN, 1995).

Tourino (1993), afirma que o tubo condutor deverá ser o mais liso e curto possível, evitando o ricocheteio das sementes em suas paredes internas, de forma que cheguem ao solo nas mesmas condições em que saíram do sistema de dosagem, também não poderá haver nenhum ponto que obstrua a passagem das sementes como entalhes e ranhuras. Fazendo-se uma correlação com perdas de carga em fenômenos de transporte de líquidos por tubulações, o atrído do material transportado com as paredes da tubulação, faz com que ocorra uma perda de energia, ou seja, ocorre a redução de velocidade ao passo que o material escoar pelo duto.

Bainer et al. (1963) sugere que o tubo condutor de sementes tenha um diâmetro pequeno variando entre 12,7 a 19,05 mm, seja liso, reto e que realize a descarga da semente próximo ao fundo do sulco. De acordo com os autores, o comprimento do tubo condutor, os quais foram utilizados neste experimento tubos de 300 e 600 mm, respectivamente, não foi o fator determinante para os erros de deposição.

Wanjura e Hudspeth (1968) realizaram experimentos com tubos que apresentavam diâmetro de 19,05 mm e angulação de aproximadamente 30° voltado para a parte traseira da máquina semeadora, e verificaram que ela proporcionou uma maior uniformidade de distribuição de sementes. De acordo com os autores, os melhores resultados encontrados foram com os condutores de pequeno comprimento, diâmetro de aproximadamente 20 mm e as paredes internas lisas. Os mesmos autores realizaram testes com uma semeadora para cultura do algodão, utilizando discos dosadores, variando o diâmetro dos alvéolos e o diâmetro e orientação dos tubos condutores de sementes.

Houve diferença significativa na distribuição longitudinal de sementes ao ser alterado o diâmetro dos orifícios do disco dosador e também o comprimento, ângulo de curvatura, diâmetro e a forma dos condutores de sementes. Informações como tipo de dosador utilizado, velocidade de deslocamento da semeadora e as medidas do condutor utilizado não foram informadas pelos autores.

Segundo Jasper et al. (2006) tubos com maiores comprimentos, oferecem trajetórias mais longas, aumentando o ricocheteamento, e, portanto, afetam a

distribuição de sementes. Assim, tubos de perfil parabólico conduzem as sementes até o sulco de maneira mais suave, diminuindo este efeito, como exemplificado na figura 1. O autor não disponibilizou resultados para demonstrar quanto de redução do efeito de ricocheteamento o modelo de tubo utilizado proporcionou.



Figura 1 - Influência da conformação do tubo condutor na liberação das sementes.
Fonte: JOHN DEERE (2012).

Conforme Autry e Schroeder (1953), após serem liberadas pelo mecanismo dosador as sementes tem movimento relativo ao solo em três planos. No plano Y, o movimento é causado pela ação da gravidade, no plano X, pela velocidade periférica do disco dosador, e no plano Z, pela velocidade de deslocamento da semeadora. Com relação ao tubo, o movimento é somente nos planos X e Y devido ao tubo se movimentar no plano Z, a mesma velocidade da semente, estes mesmos autores afirmam que a trajetória seguida pelas sementes é aproximadamente igual a uma parábola. Sendo assim, sugerem que o tubo condutor seja desenhado de forma a conduzir as sementes através de um caminho que se aproxime a uma parábola.

Silva et al. (2000) alertam que, ao deslocar-se sob o solo as sementes estão sujeitas a vibrações dentro do tubo condutor, provocadas pela movimentação da semeadora fazendo com que o tempo de queda das sementes seja alterado, e, conseqüentemente, causa desuniformidade do espaçamento na linha de semeadura. A velocidade de deslocamento da semeadora, segundo os autores,

pode ser um fator que provoque o repique das sementes no tubo condutor e ao serem depositadas no solo.

Segundo Bufton (1978), após a liberação pelo dosador, 10% das sementes tem o impacto inicial desviado em média 4 mm do ponto desejado. Isto ocorre devido ao ângulo e a velocidade com que é liberada ou lançada e a deposição final, pode variar pelo salto ou rolamento no fundo do sulco de semeadura, conforme pode ser visualizado na figura 2.

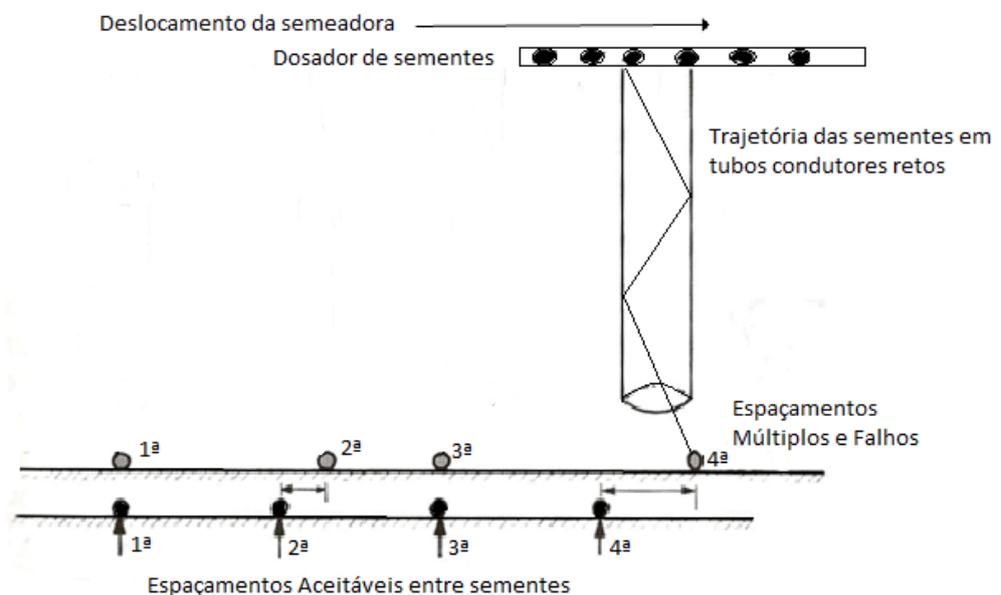


Figura 2 - Ilustração do efeito do ricochete da semente dentro do tubo condutor.
Fonte: BREECE, et. al. (1975).

De acordo com Delafosse (1986), a velocidade de queda da semente é produto da intensidade a qual o dosador está operando e esta velocidade pode ser somada ou subtraída da semente, de acordo com o sentido de rotação do disco dosador, no ponto onde ocorre a liberação da semente em relação ao sentido deslocamento da semeadora. O autor comenta ainda que, os tubos condutores voltados para a parte traseira da semeadora, facilitam a trajetória normal de queda da semente evitando a ocorrência de rebotes.

As sementes, após serem liberadas pelo mecanismo dosador adquirem um movimento acelerado, e, segundo Casão Junior (1996), em condutores tubulares,

estas sementes devem ser desaceleradas para uma velocidade próxima de zero ao chegar ao fundo do sulco de semeadura evitando que as mesmas possam saltar para fora do mesmo ou localizem-se fora do ponto ideal de queda.

Deere e Company (1986), afirmam que, quanto maior o ângulo de impacto da entrada das sementes no tubo condutor, maior será a desuniformidade na distribuição longitudinal devido ao aumento de rebotes dentro do tubo condutor, de acordo com o exemplificado na figura 3. Este fato aumenta ainda mais a influência quando a parte superior do tubo condutor é afunilada. O autor sugere ainda que para se obter uma melhor distribuição longitudinal, é necessário que o ângulo de impacto inicial da semente não seja superior a seis graus.

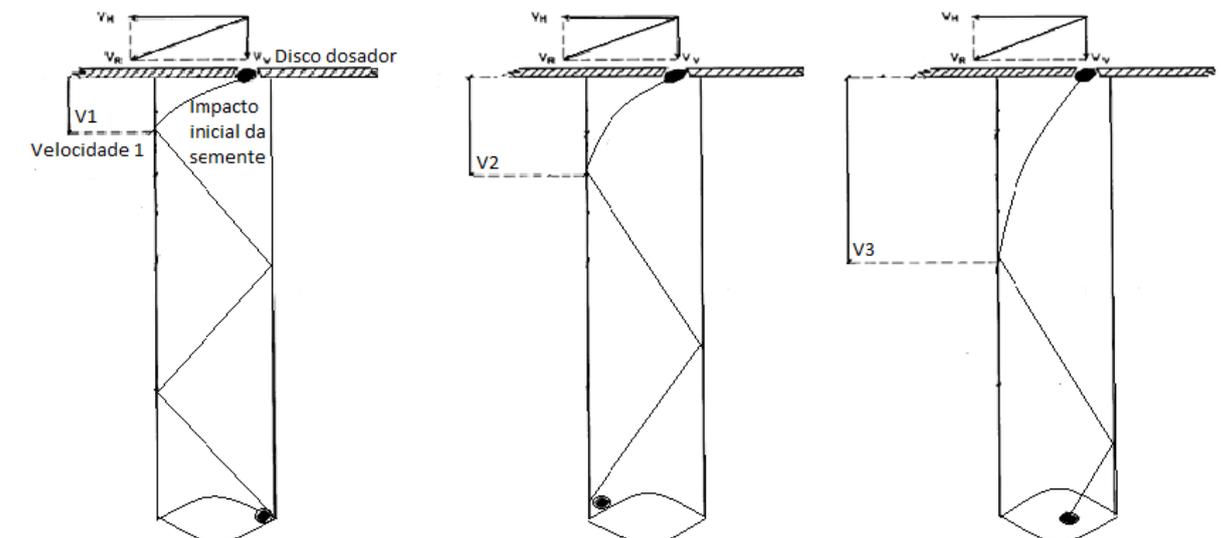


Figura 3 - Trajetória e ponto de impacto inicial da semente dentro do tubo conforme velocidade periférica do disco dosador. Fonte: DEERE E COMPANY (1986).

Pacheco et al. (1996), observaram que o aumento da velocidade periférica do disco dosador faz com que as sementes tenham o ponto de impacto próximo à extremidade de entrada do tubo, proporcionando um maior ângulo de impacto para a semente, podendo acarretar em uma maior intensidade de repiques dentro do tubo condutor.

Ainda com relação à trajetória das sementes, Tourino (1983), afirma que, a variação da velocidade periférica dos discos dosadores influi diretamente na trajetória que a semente seguirá após a sua liberação. Isto ainda tem sua

contribuição aumentada pela forma e inclinação do tubo condutor e também comprimento do mesmo.

Conforme Mantovani e Bertaux (1990), os fabricantes de semeadoras-adubadoras, estão optando por colocar os dosadores de sementes mais distantes do nível do solo com o objetivo de proteger e evitar danos aos mecanismos devido a presença de resíduos superficiais em terrenos recém desbravados. Esta opção implica na utilização de tubos condutores de maior comprimento, proporcionando às sementes um maior caminho a ser percorrido aumentando a ocorrência de rebotes dentro do tubo condutor, contribuindo para as irregularidades na distribuição longitudinal das mesmas. A curvatura do tubo condutor faz com que a componente de velocidade longitudinal da semente seja próxima de zero, fazendo com que as mesmas atinjam o solo somente com a componente vertical de velocidade.

Tourino et al. (1983), avaliaram o efeito da altura de queda de sementes com uma semeadora tracionada por animais e com sistema dosador de discos horizontais. Neste trabalho, foram utilizados tubos condutores de material plástico liso com diâmetro de 25,4 mm e dois comprimentos 286 e 404 mm que corresponde a altura de queda das sementes. Os resultados encontrados pelos autores indicam que, a maior uniformidade de distribuição, foi com o tubo condutor de menor comprimento, portanto com a menor altura.

Mialhe (2012) afirma que os condutores verticais, que conduzem as sementes até o leito de semeadura por ação da gravidade, podem ser altamente prejudiciais em semeadoras de precisão por ocasionar o efeito de saltígrada ou repique das sementes em seu interior.

De acordo com Deere e Company (1986), o tubo condutor além de compensar ou neutralizar o componente de velocidade horizontal, deve ser construído de forma a minimizar os saltos ou rebotes das sementes no seu interior, como o exemplo da figura 4, uniformizando o tempo de permanência no seu interior, reduzindo a variabilidade do tempo de descarga entre as sementes consecutivas.



Figura 4- Variação de trajetória da semente dentro do tubo condutor, proporcionando atraso na queda da semente. Fonte: DEERE E COMPANY (1996).

O desempenho de semeadoras pode ser influenciado por fatores tais como: variabilidade na dosagem (erros na captura e liberação das sementes), interações semente/tubo condutor, ricochetes e rolamentos dentro do sulco e fechamento/compactação dos sulcos (KOCHER et al., 1998). Dependendo do modelo e posição do dosador, os fabricantes imprimem um sentido de instalação do tubo condutor inverso ao sentido de deslocamento da semeadora, como a curvatura da saída da semente para o lado contrário ao deslocamento da máquina. O objetivo destas modificações é fazer com que as diferenças de velocidades de deslocamento e rotação do disco dosador estejam o mais próximo de zero, fazendo com que as sementes não fujam tanto do ponto ideal de queda no solo. A alternativa utilizada nas semeadoras com linhas individuais é colocar o depósito o mais baixo possível em relação ao solo, diminuindo a altura de queda das sementes. O ajuste para obtenção do espaçamento entre os sulcadores deve ser realizado de forma a evitar que o tubo condutor adquira inclinação muito acentuada, dificultando passagem e retardando a queda das sementes.

De acordo com Rocha et al. (1998) a altura de queda das sementes também afeta o desempenho dos mecanismos dosadores, durante o deslocamento dentro do tubo condutor, devido às mesmas sofrerem vibrações provocadas pelo deslocamento da máquina.

Mantovani e Bertaux (1990) realizaram trabalhos avaliando o desempenho de nove semeadoras-adubadoras utilizadas para semeadura do milho. Os modelos equipados com mecanismos dosadores de dedos prensos e pneumáticos, considerados de alta precisão, não obtiveram níveis satisfatórios de desempenho, a distribuição longitudinal observada em ensaios de laboratório foi irregular e a altura de queda das sementes, após a liberação do mecanismo dosador, pode ter sido um dos prováveis fatores de interferência segundo os autores.

Com relação às características dos tubos condutores, Cañavate (1995) recomenda que deve ser curto, liso, reto e fazer a descarga próximo ao fundo do sulco de semeadura, o objetivo principal destas características é não atrasar a queda das sementes e ocasionar espaçamentos duplos ou falhos.

Estudos realizados por Reis et al. (2007), demonstraram que o desempenho das semeadoras de precisão é afetado por quatro tipos de erros: dosagem, deposição, profundidade e acondicionamento. Os principais fatores que afetam os erros de dosagem são: características das sementes, relação de tamanho e de forma entre as células e as sementes, desempenho e desgaste de mecanismos auxiliares e velocidade do componente rotativo. No que se refere à deposição das sementes, a precisão é afetada pela altura do dosador, configuração do tubo condutor, velocidade da semente e forma de deposição (natural ou forçada).

Pacheco et al. (1996), avaliaram uma semeadora Magnum 2800 fabricada pela empresa JUMIL[®], em laboratório, na sua forma original e com alterações no tubo condutor, não foram encontradas diferenças significativas de desempenho em relação à uniformidade de distribuição longitudinal das sementes, e, independentemente da modificação efetuada, o aumento de velocidade de deslocamento foi o fator que interferiu no desempenho da semeadora.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local

O experimento foi conduzido nas instalações do Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG), vinculado à Universidade Federal de Santa Maria, posicionada geograficamente na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul/Brasil, cujo centro geográfico corresponde às seguintes coordenadas: Latitude Sul 29°72'05", Longitude Oeste -53°70'32" e altitude média de 99 m (Santa Maria/RS).

5.2 Material

5.3 Bancada de Ensaio

A bancada de ensaio de dosadores, foi desenvolvida por Silveira et al. (2010) e Alonço et al. (2010), consiste em uma estrutura que permite o acoplamento de diversos modelos de mecanismos dosadores de sementes (Figura 5). O controle da rotação dos discos dosadores é realizado com auxílio de um inversor de frequência CFW – 08 com entrada monofásica de 200 a 240 V, a movimentação dos discos é realizada com um motor elétrico de indução assíncrono com potência de 736 W e rotação de 1720 rpm.

A transmissão do movimento do motor para o dosador é feita através de uma correia ligada a um par de polias (motora e movida), a redução da rotação é feita através de um redutor de engrenagem com relação de transmissão de 1:11 reduzindo 19,64 vezes a rotação do motor. Também foi utilizada uma esteira revestida com feltro, medindo 17,5 m de comprimento e 15 cm de largura onde são depositadas as sementes dosadas (Figura 6). Ao movimentar-se sob o mecanismo dosador de sementes, ocorre a simulação da velocidade de avanço horizontal da

semeadora no solo. Seu acionamento é realizado por um motor elétrico trifásico de indução assíncrono de 2208 W (3 CV), acionado por um inversor de frequência CFW – 10, com entrada monofásica de 200 a 240 V., descrito por SILVEIRA et al. (2010).



Figura 5 - Bancada de ensaios de dosadores de sementes, desenvolvida no LASERG e descrita por Silveira et al. (2010) e Alonço et al. (2010).



Figura 6 - Esteira utilizada para deposição de sementes e simulação de deslocamento da semeadora, desenvolvida no LASERG e descrita por Silveira et al. (2010) e Alonço et al. (2010).

5.4 Dosadores de sementes

Foi utilizado um dosador pneumático de sementes *Planting Precision*[®] que utiliza a pressão negativa do ar como forma de separação e retenção de sementes no disco alveolado vertical até o local de liberação da semente, onde a pressão do ar é suprimida e as sementes são liberadas para o tubo condutor (Figura 7).



Figura 7 - Dosador Pneumático *Planting Precision*[®].

Para a geração da pressão negativa necessária ao dosador pneumático de sementes, foi utilizado um ventilador centrífugo *Matermacc*[®] acionado por motor elétrico trifásico de 3677,5 W de potência, rotação de 3510 rpm, através de polias e correia permite uma rotação de 5400 rpm no eixo da turbina (Figura 8). O controle do vácuo é realizado através do vacuômetro para estabelecer a pressão necessária e recomendada pelo fabricante do dosador. A alteração da pressão é feita através de uma válvula de alívio de pressão, este dispositivo permite a utilização de diferentes níveis de pressão de trabalho. O ar aspirado, que gera o vácuo, é conduzido ao dosador por uma mangueira flexível com 50 mm de diâmetro.



Figura 8 - Ventilador centrífugo Matermacc[®] para geração do Vácuo do dosador pneumático.

Um dosador de disco alveolado horizontal STARA[®] que é acionado pelo mesmo mecanismo citado anteriormente na descrição da bancada de dosadores e utilizado pelo dosador pneumático (Figura 9). Os discos do dosador foram selecionados de acordo com as dimensões das sementes, admitindo-se uma folga entre o alvéolo e a semente de aproximadamente 10%, maior que a máxima dimensão das mesmas, de modo que não proporcione uma dúplice dosagem e nem a obstrução das sementes. De acordo com Kepner et al. (1982), estas características contribuem para um correto preenchimento e expulsão das sementes dos alvéolos do disco dosador. As características dos dosadores utilizados nos ensaios são descritas na tabela 1.



Figura 9 - Dosador de discos horizontais STARA®.

Tabela 1 - Características dos mecanismos dosadores utilizados nos ensaios.

Parâmetros	Dosador Pneumático		Dosador disco Horizontal	
	Soja	Milho	Soja	Milho
Pressão de trabalho (kPa)	-5	-5	--	--
Diâmetro do disco (mm)	160	160	180	180
Número de orifícios do disco	80	27	90	28
Número de fileiras	2	1	2	1
Diâmetro do alvéolo (mm)	4	5	8	11

5.5 Tubos Condutores de sementes

Tubos condutores que equipam os diferentes modelos de máquinas existentes no mercado agrícola, avaliados conforme seu diâmetro de entrada e saída de sementes, ângulo de descarga, formato retangular ou circular e altura em relação ao solo. Cada tubo foi ensaiado com as quatro velocidades periféricas dos discos e com os dois dosadores para avaliação de seu desempenho. A fixação dos tubos na bancada foi realizada com auxílio de um suporte (Figura 5), permitindo que estes fiquem com as mesmas características originais de instalação na máquina

semeadora, as dimensões dos tubos utilizados podem ser visualizadas no apêndice A. A altura entre a saída do tubo e a esteira foi de 40 mm para todos os condutores.



Figura 10 - Suporte de fixação de tubos condutores na bancada de ensaio.

5.6 Sementes

Foram utilizadas sementes de milho (*Zea mays*), híbrido Pioneer[®] C3 e sementes de soja (*Glycine max*) Syngenta[®] NK 7059 RR peneira 6,5, ambas com tratamento fitossanitário.

As principais características dimensionais das sementes como comprimento, diâmetro e espessura foram determinadas com auxílio de um paquímetro digital, em amostras compostas por 50 sementes (VIEIRA JUNIOR, 1998). O procedimento para determinação do ângulo de repouso foi feito utilizando-se um dispositivo construído pela equipe do LASERG, dispondo de uma estrutura plana onde são depositadas as sementes que escoam através de um funil, figura 17, descrito por (ALTMANN et al., 2010).



Figura 11 - Dispositivo utilizado para determinação do ângulo de repouso das sementes.

A determinação do ângulo de repouso foi realizada através da análise das imagens feitas com uma câmera fotográfica digital, modelo SONY DSC-W30, com o software AutoCAD[®] (*computer aided design*), após a liberação das sementes na estrutura citada anteriormente, conforme as figuras 12 e 13, mesmo método utilizado por Altmann et al. (2010), que determinou o ângulo de repouso de sementes de girassol com o uso deste software. Foram feitas 4 repetições, utilizando-se 4 Kg de sementes de milho e soja. Os dados referentes a estas avaliações são apresentados na tabela 2.



Figura 12 - Determinação do ângulo de repouso de sementes de milho.



Figura 13 - Determinação do ângulo de repouso de sementes de soja.

Tabela 2 - Características dimensionais das sementes de milho e soja utilizadas nos ensaios.

Variáveis	Soja		Milho	
	Média	DP	Média	DP
Largura (mm)	7,37	0,35	7,52	0,41
Espessura (mm)	5,01	0,22	4,94	0,49
Comprimento (mm)	6,49	0,20	10,22	0,80
Massa de 1000 Sementes (g)	164,30	3,18	292,30	3,64
Ângulo de repouso (°)	24,54	2,23	31,72	1,90
Esfericidade (%)	95,68	3,53	70,83	4,10

DP – Desvio Padrão

Os valores determinados de ângulo de repouso são próximos aos encontrados por Mallet (2010), porém, para as sementes de milho, este foi um pouco mais elevado, fato que pode ser explicado pela irregularidade das sementes, aliada ao tratamento fitossanitário utilizado, dificultando a escoabilidade. O autor comenta que, em média, o ângulo de repouso para as sementes de milho e soja situam-se em torno de 27°, dependendo do teor de umidade das sementes. A esfericidade das sementes foi calculada pela seguinte expressão, conforme (KARAYEL et al. 2004):

$$\varnothing = \frac{(LWT)^{1/3}}{L} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

\varnothing é a esfericidade, %;

L, W e T referem-se a comprimento, largura e espessura (mm), respectivamente.

5.7 Metodologia

Foram realizados ensaios com quatro velocidades periféricas do disco dosador de sementes, estas, resultaram em densidades de semeadura de 250.000; 300.000; 350.000; e 400.000 sementes por hectare para soja e 60.000; 70.000; 80.000; 90.000 sementes por hectare para o milho, conforme os dados apresentados na tabela 3. As densidades foram definidas de acordo com as variações nas taxas de semeadura que podem ser utilizadas em agricultura de

precisão e, também, de acordo com as recomendações técnicas pela EMBRAPA (2010), para semeadura.

Tabela 3 - Espaçamentos e densidade de semeadura para as sementes de milho e soja.

Sementes	Densidade de sementes		Espaçamento	
	Sementes ha ⁻¹	Semente m ⁻¹	Entre linhas (m)	Nominal (Xref) (cm)
Milho	60.000	4,8	0,8	20,83
	70.000	5,6	0,8	17,86
	80.000	6,4	0,8	15,63
	90.000	7,2	0,8	13,89
Soja	250.000	11,25	0,45	8,89
	300.000	13,5	0,45	7,41
	350.000	15,75	0,45	6,35
	400.000	18	0,45	5,56

* (Xref) Espaçamento nominal correspondente ao espaçamento teórico de cada cultura

Na tabela 4 estão expostas as configurações utilizadas nos inversores de frequência que realizam o controle de rotação dos dosadores que compuseram os tratamentos para as sementes de milho e soja. A velocidade da esteira foi mantida em 6 km h⁻¹ (1,67 m s⁻¹), foram variadas apenas as velocidades periféricas dos discos dosadores para avaliação da influência na distribuição longitudinal devido ao modo de liberação da semente, pelo tipo de mecanismo dosador, de disco alveolado horizontal e também pneumático de disco vertical com as diferentes combinações de tubos condutores.

Tabela 4 - Configurações utilizadas nos dosadores.

Dosador Pneumático					
Milho					
Frequência (Hz)	Semente m^{-1}	Sementes ha^{-1}	Rotação (rpm)	Velocidade Periférica ($m s^{-1}$)	Velocidade Esteira ($m s^{-1}$)
154,50	4,8	60.000	17,77	0,159	1,67
182,45	5,6	70.000	20,74	0,185	1,67
210,41	6,4	80.000	23,70	0,212	1,67
238,36	7,2	90.000	26,67	0,238	1,67
Dosador Pneumático					
Soja					
Frequência (Hz)	Semente m^{-1}	Sementes ha^{-1}	Rotação (rpm)	Velocidade Periférica ($m s^{-1}$)	Velocidade Esteira ($m s^{-1}$)
119,45	11,25	250.000	14,06	0,125	1,67
145,99	13,50	300.000	16,87	0,151	1,67
172,52	15,75	350.000	19,68	0,176	1,67
199,05	18,00	400.000	22,50	0,201	1,67
Dosador Disco Horizontal					
Milho					
Frequência (Hz)	Semente m^{-1}	Sementes ha^{-1}	Rotação (rpm)	Velocidade Periférica ($m s^{-1}$)	Velocidade Esteira ($m s^{-1}$)
476,5	4,8	60.000	17,14	0,179	1,67
558,1	5,6	70.000	20,00	0,209	1,67
639,7	6,4	80.000	22,86	0,239	1,67
721,4	7,2	90.000	25,71	0,269	1,67
Dosador Disco Horizontal					
Soja					
Frequência (Hz)	Semente m^{-1}	Sementes ha^{-1}	Rotação (rpm)	Velocidade Periférica ($m s^{-1}$)	Velocidade Esteira ($m s^{-1}$)
343,8	11,25	250.000	12,50	0,130	1,67
415,3	13,50	300.000	15,00	0,157	1,67
486,7	15,75	350.000	17,50	0,183	1,67
558,1	18,00	400.000	20,00	0,209	1,67

Nenhuma velocidade periférica utilizada nos discos dosadores de sementes ultrapassa os limites de $0,29 m s^{-1}$ e $0,31 m s^{-1}$. (FAO e ASAE)³.

O estabelecimento e adequação das rotações e frequências dos dosadores de sementes foram feitos considerando-se densidade de semeadura, espaçamento entre linhas, números de alvéolos do disco dosador, diâmetro do disco e velocidade

³ De acordo com Delafosse (1986).

de deslocamento da semeadora. As velocidades periféricas foram calculadas através da seguinte expressão: (2)

$$VP = \frac{RPM \times 2 \pi r}{60}$$

Onde:

Vp: velocidade periférica do disco ($m s^{-1}$);

RPM: velocidade angular do eixo motriz, obtida com tacômetro digital;

r: raio do centro do eixo motriz ao centro da linha de orifícios do disco (m).

π : Constante matemática 3,141592654

A esteira encarpada para deposição das sementes foi utilizada com a velocidade constante de $6 km h^{-1}$ ($1,67 m s^{-1}$) para todos os tratamentos, permitindo a verificação da ocorrência ou não da influência do tubo condutor na distribuição longitudinal de sementes. A velocidade estabelecida é intermediária às velocidades recomendadas pela norma ISO 7256/1, a qual cita as velocidades de 5 e $7 km h^{-1}$.

Este método é o mesmo que o utilizado por Jasper (2009), que avaliou a distribuição longitudinal de milho em esteira revestida com feltro, em comparação a outra revestida com graxa. De acordo com o autor, a utilização de esteiras encarpadas com feltro, consiste em um método eficiente para avaliação da distribuição longitudinal de sementes. No decorrer dos ensaios, a bancada com os dosadores permaneceu nivelada longitudinalmente e transversalmente, e o reservatório de sementes dos dosadores, foi mantido no nível cheio para todos os ensaios.

Os espaçamentos entre as sementes foram avaliados após cada ensaio com os tubos condutores, obedecendo-se a classificação pela norma ISO 7256/1 (1982) em classes de frequência, com amplitude de $0,1 X_{ref.}$, onde $X_{ref.}$ correspondem ao espaçamento teórico de cada cultura e mais comumente utilizado as divisões de espaçamentos descritos também na ABNT (1984), em aceitáveis ($0,5 X_{ref.} < X_i < 1,5 X_{ref.}$), múltiplos ($X_i < 0,5 X_{ref.}$) e falhos ($X_i > 1,5 X_{ref.}$).

O procedimento realizado consiste na medida dos espaçamentos entre sementes, obtidos em um ciclo completo de rolagem, ou seja, uma passada completa da esteira sob o tubo condutor que coleta as sementes liberadas pelo

mecanismo dosador para cada repetição. O estabelecimento do número de espaçamentos observados está de acordo com o proposto por Dias (2012), reduzindo o número de observações de 250 sementes estimado pela norma ISO 7256/1 (1982) relacionada à avaliação de distribuição longitudinal de sementes para 105 espaçamentos para milho e 158 espaçamentos para soja, mantendo-se ainda um elevado nível de precisão nos ensaios. A coleta de dados iniciou-se após a estabilização do funcionamento do mecanismo dosador, com aproximadamente 40 segundos de funcionamento para cada rolagem de esteira com acionamento à velocidade constante de 6 km h^{-1} ($1,67 \text{ m s}^{-1}$) para todas as velocidades periféricas dos discos dosadores.

Os espaçamentos longitudinais foram definidos conforme recomendações técnicas orientadas pela EMBRAPA (2010). A contagem manual dos espaçamentos foi realizada com uso de uma fita métrica, os dados foram digitados em planilhas do software Microsoft Excel[®] onde posteriormente foram classificados como múltiplos, falhos ou aceitáveis segundo a norma ISO 7256/1.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em parcelas subsubdivididas, com arranjo fatorial $2 \times 6 \times 4$ com quatro repetições, totalizando cento e noventa e dois tratamentos para as sementes de milho e soja. O fator um são os diferentes mecanismos dosadores, mecânico e pneumático, o fator dois, os tubos condutores em seis níveis e, o fator três, a densidade de semeadura e velocidade periférica dos discos dosadores em quatro níveis.

As médias dos dados de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos coletados foram submetidas à análise de variância (ANOVA), quando encontradas diferenças significativas pelo teste F, foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro, também foram aplicados testes de regressão polinomial para visualização do efeito do aumento de velocidade periférica do disco dosador juntamente com o tipo de tubo condutor utilizado, quando ocorrida interação significativa entre os fatores, na distribuição longitudinal de sementes. As análises foram realizadas utilizando o software *Assistat*[®]. A apresentação dos tratamentos encontra-se na figura 20, arranjo dos tratamentos para os ensaios em laboratório.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de normalidade dos dados referentes à regularidade de distribuição de sementes de soja e milho, foi realizada através do teste de Kolmogorov – Smirnov. Os percentuais de aceitáveis, múltiplos, falhos e de precisão dos ensaios, foram avaliados pela normalidade dos erros para que fossem atendidos os pressupostos, conforme dados expostos na tabela 5. Os dados apresentaram-se homogêneos pelo Teste de Cochran.

Tabela 5 - Análise de normalidade dos dados feita pelo teste de Kolmogorov – Smirnov para sementes de soja e milho.

Variáveis	Normalidade 5%			Normalidade 5%		
	Soja			Milho		
	Valor	Valor Crítico	Normal	Valor	Valor Crítico	Normal
Aceitáveis	0,091	0,12	Sim	0,104	0,127	Sim
Múltiplos	0,123	0,12	Sim	0,105	0,127	Sim
Falhos	0,072	0,12	Sim	0,118	0,127	Sim
Precisão	0,063	0,06	Sim	0,072	0,127	Sim

Os resultados dos ensaios serão apresentados para cada tipo de semente, a discussão dos resultados das interações e influências dos fatores sobre a distribuição longitudinal de sementes, será feita, primeiramente no item 6.1, para as sementes de soja e, posteriormente, no item 6.2, para as sementes de milho.

6.1 Resultados dos ensaios com sementes de soja

Os resultados dos dados de precisão, espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, bem como as interações, analisados estatisticamente, com o auxílio do Software ASS/STAT®, versão 7.6 beta (2013), estão discriminados na tabela 6.

Tabela 6 - Resultados da análise de variância e do teste de médias para precisão e espaçamentos entre sementes de soja.

Fatores	Variáveis			
	Precisão (%)	Aceitáveis (%)	Múltiplos (%)	Falhos (%)
Dosador F1				
Discos Horizontais	28,12 a	57,32 b	26,43 a	16,09 a
Pneumático	26,21 b	61,38 a	23,04 b	15,56 a
CV (%)	12,76	7,68	24,94	39,27
Tubo Condutor F2				
Condutor 1	27,09 bc	64,51 b	21,48 c	13,51 b
Condutor 2	27,52 bc	48,76 c	30,48 b	20,72 a
Condutor 3	24,51 d	76,27 a	13,14 d	10,58 bc
Condutor 4	29,79 a	44,47 d	35,45 a	20,08 a
Condutor 5	28,22 ab	45,93 cd	32,22 ab	21,85 a
Condutor 6	25,87 cd	76,15 a	15,64 d	8,20 c
CV (%)	10,15	7,19	18,76	31,13
Densidade F3				
250.000	25,63	61,77	21,43	16,79
300.000	27,39	61,27	22,20	16,17
350.000	25,85	55,87	27,42	16,70
400.000	29,79	58,48	27,90	13,63
CV (%)	10,51	9,01	23,94	33,10
Teste F				
Dosador F1	14,64 **	38,15 **	14,46 **	0,35 ns
Tubo Condutor F2	14,20 **	389,62 **	128,19 **	44,62 **
Densidade F3	21,68 --	12,53 --	15,76 --	3,88 --
F1 X F2	4,69 **	34,14 **	13,77 **	4,05 **
F1 X F3	0,13 ns	6,67 **	2,21 ns	1,07 ns
F2 X F3	0,76 ns	1,74 ns	0,77 ns	0,57 ns
F1 XF2 X F3	1,00 ns	3,99 **	1,68 ns	1,98 ns

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$) C.V. coeficiente de variação

Os valores do CV para espaçamentos falhos dos fatores F1, F2 e F3, estão acima do proposto por Coelho (1996), que indica o CV de 30% para avaliação de dosadores pneumáticos. Já para os dosadores de discos horizontais, encontra-se ainda na faixa aceitável, que é de no máximo 50%. Este fato pode ser explicado devido à grande variabilidade encontrada nas médias de espaçamentos geradas por pequenas e grandes falhas de deposição de sementes estando de acordo com o exposto por (KACHMAN e SMITH 1995). O desdobramento das médias, para a variável precisão, encontra-se exposto na tabela 7.

Tabela 7 - Desdobramento de médias da interação dosador (Fator 1) e tubo condutor (Fator 2), para a variável precisão em sementes de soja.

Tubo Condutor	Dosador	
	DDH	DP
T1	28,24 aAB	25,95 bBC
T2	27,87 aAB	27,16 aB
T3	26,13 aB	22,89 bD
T4	29,41 aA	30,17 aA
T5	28,64 aAB	27,81 aAB
T6	28,46 aAB	23,28 bCD

% Precisão

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em cada linha e minúscula em cada coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; DMS colunas = 2.07 DMS linhas = 2.96 DDH= Dosador de disco horizontal DP = Dosador pneumático

Com relação aos dados para a variável precisão, os resultados para os condutores T1, T2, T3, T5 e T6 não ultrapassaram o limite prático estabelecido por Kachman e Smith (1995), que é de 29 %, porém o T4 obteve médias maiores que o limite prático, a forma de liberação das sementes pelos dosadores DDH e DP pode ter sido o fator que ocasionou diferenças significativas entre os mecanismos utilizados. O motivo da redução de precisão para este condutor pode estar associado ao seu formato, bem como ao da semente, concordando com o exposto por Futral e Allen (1951) que, devido à esfericidade da semente, ao entrar em contato com os condutores de formato cilíndrico, essas adquirem um movimento em espiral desordenando a queda das sementes ocasionando maiores erros na deposição e reduzindo assim os espaçamentos aceitáveis. Para a variável

espaçamentos aceitáveis, houve diferença significativa entre os dosadores e também para os tubos condutores conforme os dados expostos na tabela 8.

Tabela 8 - Desdobramento de médias da interação dosador (Fator 1) e tubo condutor (Fator 2), para a variável espaçamentos aceitáveis em sementes de soja.

Tubo Conductor	Dosador	
	DDH	DP
T1	63,08 aB	65,94 aB
T2	45,97 bC	51,54 aC
T3	70,78 bA	81,75 aA
T4	48,47 aC	40,47 bD
T5	47,42 aC	44,45 aD
T6	68,16 bA	84,14 aA

% Aceitáveis

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em cada linha e minúscula em cada coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; DMS colunas = 3.09 DMS linhas = 4.58 DDH= Dosador disco horizontal DP = Dosador Pneumático

Foi observado que o DDH obteve os maiores percentuais de espaçamentos aceitáveis quando combinado com os condutores T3 e T6. O formato dos tubos, aliado à forma de liberação das sementes pelo dosador de discos horizontais, pode ter influenciado no trajeto das sementes dentro do condutor. O DDH é equipado com disco dosador de duas fileiras de alvéolos, fazendo com que a liberação das sementes seja alternada, ou seja, uma semente é liberada ao lado da outra. Isto faz com que as mesmas entrem em contato com as paredes internas do condutor ocasionando o repique, alterando o tempo de descida das sementes e causando a redução da precisão na distribuição longitudinal.

Outro fator observado foi, que o formato do tubo condutor, retangular T1 e cilíndrico T4, causaram redução do percentual de aceitáveis, apesar de possuírem comprimentos semelhantes. O formato cilíndrico do condutor T4 aliado à esfericidade das sementes de soja, ocasiona um movimento desordenado em espiral que pode ser agravado pelo aumento de velocidade periférica do disco dosador e a forma de liberação natural ou forçada estando de acordo com as conclusões de (FUTRAL e ALLEN 1951).

Para o DP, os mesmos condutores citados anteriormente, T3 e T6, demonstraram melhor desempenho e diferiram significativamente dos demais. A liberação forçada de sementes pelo disco alveolado vertical faz com que as sementes não fiquem sujeitas à variações de trajetória. Com isto, os condutores que possuem uma curvatura, com perfil parabólico, que proporciona a redução da velocidade de queda das sementes e a escoabilidade das mesmas de uma forma mais suave até o fundo do sulco, podem proporcionar uma maior precisão na distribuição longitudinal, divergindo das conclusões expostas por Cañavate (1995), que sugere a utilização de condutores retos e corroborando com o exposto por Jasper et al. (2006), que recomenda o uso de tubos condutores de sementes com perfil parabólico.

Com relação ao aumento da velocidade periférica dos discos dosadores para obtenção de maiores densidades de semeadura, houve redução dos espaçamentos aceitáveis, conforme pode-se observar nos dados expostos na tabela 9.

Tabela 9 - Desdobramento de médias de espaçamentos aceitáveis para interação Dosador (Fator 1) e Densidade de semeadura (Fator 3) em sementes de soja.

Dosador	Densidade (sementes ha ⁻¹)			
	250.000	300.000	350.000	400.000
DDH	56,92 b	59,53 b	54,48 a	58,33 a
DP	66,61 a	63,02 a	57,26 a	58,63 a

% Aceitáveis

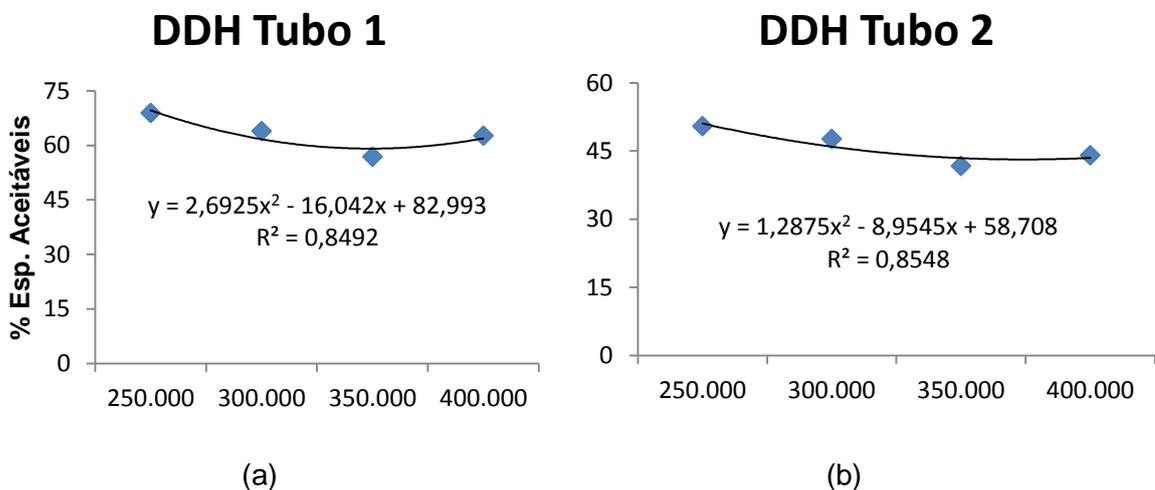
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; DMS colunas = 2,96 DDH = Dosador disco horizontal DP = Dosador pneumático

Com o aumento da velocidade periférica do disco dosador para obter as maiores densidades de semeadura, o DP sofreu redução na regularidade de distribuição longitudinal de sementes, porém, esta não foi significativa ao nível de 5 % de probabilidade, concordando com o exposto por Mantovani e Bertaux (1990) que, ao avaliar mecanismos dosadores de dedos prensos e pneumáticos considerados de alta precisão, não obtiveram níveis satisfatórios de desempenho. Fato que não foi observado quando utilizado o DDH que proporcionou uma menor

variação dos percentuais de espaçamentos aceitáveis, fazendo com que ocorresse diferença significativa entre os dosadores de sementes.

Fato este que pode ser explicado pela forma de liberação das sementes, ao aumentar a densidade e conseqüentemente a velocidade periférica do disco dosador, as sementes adquirem uma maior velocidade de queda quando liberadas pelo DP, aumentando a ocorrência de repiques dentro do condutor e também ocasionando o efeito de saltos ou rolagem da semente no fundo do sulco de semeadura, esse processo já foi relatado por Bernacki et al. (1984) os autores citaram que, ao aumentar a velocidade periférica do disco, diminui-se o tempo de exposição das sementes aos alvéolos ocasionando um preenchimento deficiente dos mesmos. Com o aumento da densidade e, conseqüentemente da velocidade periférica do disco dosador, os dois mecanismos utilizados obtiveram resultados semelhantes, concordando com o exposto por Reis e Alonço (2001). Estes autores afirmam que a precisão na distribuição longitudinal em dosadores pneumáticos e também de disco horizontal perfurado é semelhante em velocidades mais elevadas.

Nas figuras 14 e 15 são apresentadas as equações de regressão entre as médias de espaçamentos aceitáveis para os dosadores DDH e DP, respectivamente, combinados com os diferentes tubos condutores e a influência do aumento da densidade de semeadura, aliado ao aumento da velocidade periférica do disco dosador de sementes, no percentual de espaçamentos aceitáveis para sementes de soja.



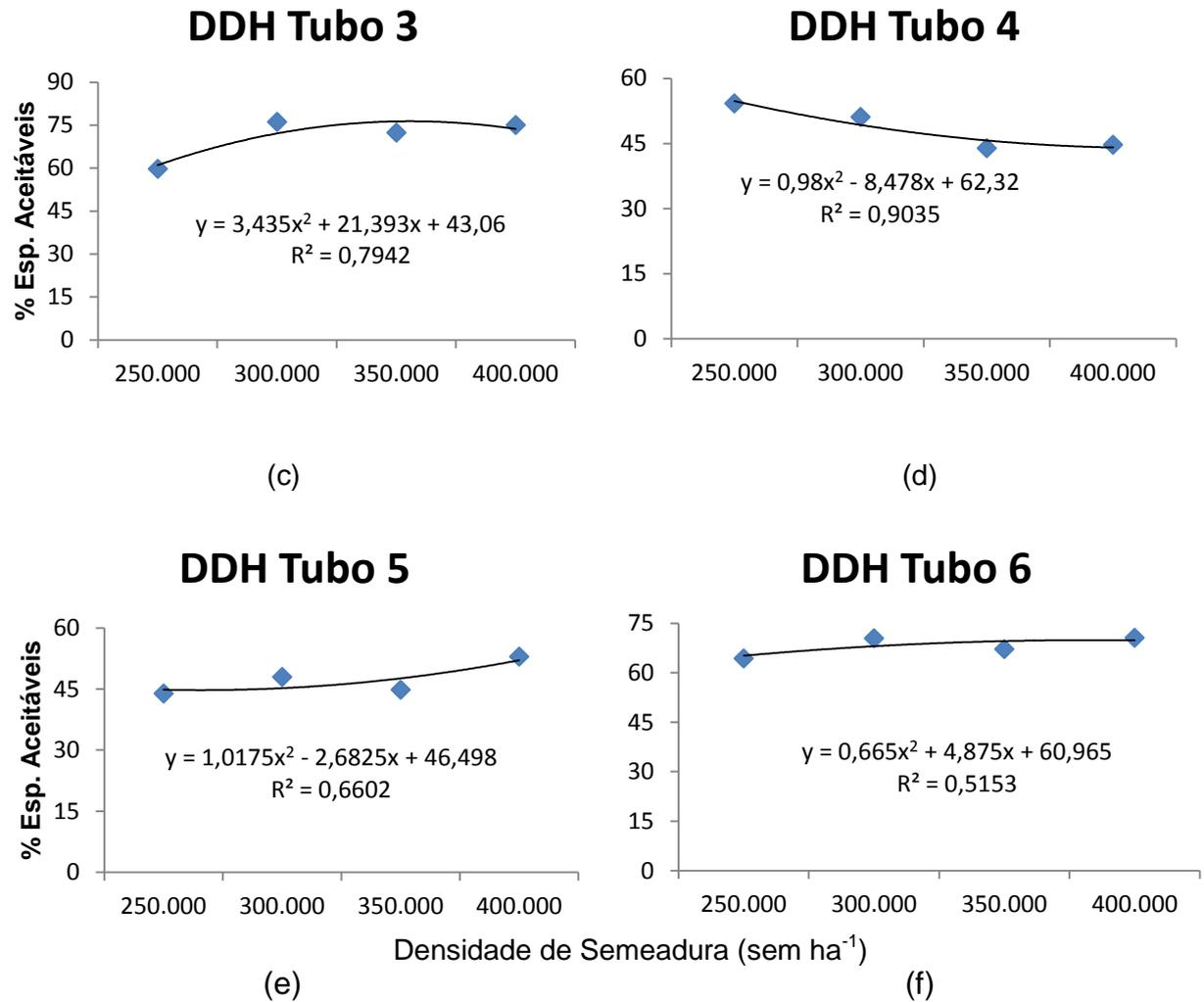


Figura 14 - Equações de regressão para as quatro densidades de semente e aumento da velocidade periférica do disco dosador e percentuais de espaçamentos aceitáveis para sementes de soja. DDH= Dosador disco horizontal.

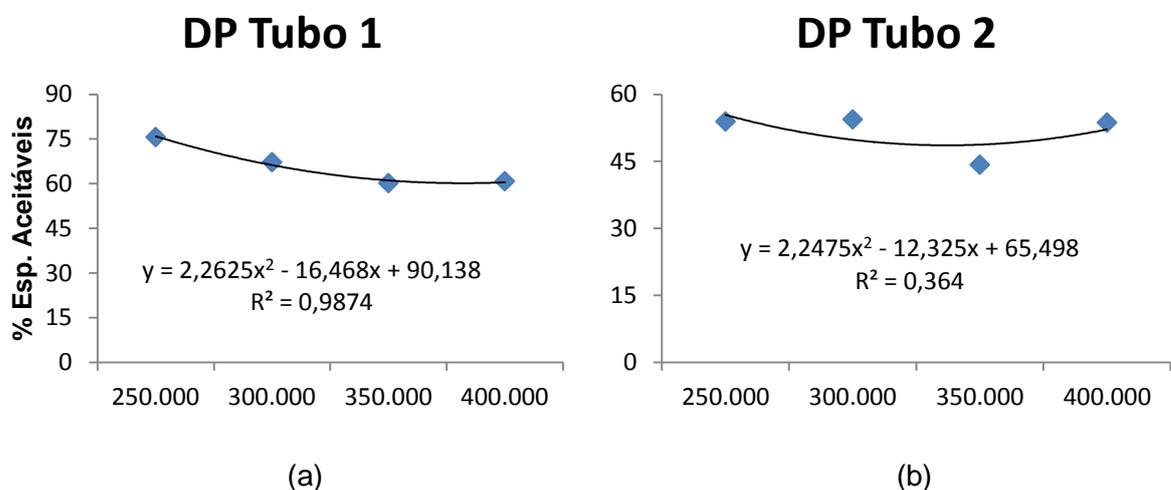
A regressão mais ajustada ao modelo, para os espaçamentos aceitáveis, foi do tipo polinomial, para todos os tubos avaliados, em resposta ao aumento da densidade de semente e conseqüentemente a elevação da velocidade periférica do disco dosador. Estes resultados diferem dos encontrados por Dias (2012), que obteve resposta linear para a redução dos espaçamentos aceitáveis ao elevar a velocidade periférica dos discos dosadores corroboram com os resultados obtidos por Reis et al. (2007) que não obtiveram resposta linear na regularidade de distribuição longitudinal de sementes entre as velocidades estudadas.

Pode-se observar que os condutores T2 (b), que possui uma menor dimensão

de saída das sementes, e os tubos T4 (d) e T5 (e), que possuem o ângulo de entrada das sementes acima do recomendado por Deere e Company (1986), sofreram uma maior influência do aumento da densidade e da velocidade periférica do disco dosador ocasionando a redução dos espaçamentos aceitáveis. Já no condutor T1 (a), que possui perfil reto e formato retangular, o ângulo de entrada está próximo ao designado pelos autores que é de seis graus e o percentual de espaçamentos aceitáveis não sofreu redução significativa.

Quando combinados com o DDH, o aumento de velocidade do disco dosador pode ocasionar um maior efeito do rebatimento das sementes com as paredes internas do condutor devido ao modo de liberação das mesmas, aliado ao formato do condutor, desordenando o tempo de queda de cada semente, concordando com o exposto por Pacheco et al. (1996) que, ao aumentar a velocidade do disco dosador, observaram que as sementes tem um ponto de impacto próximo à extremidade de entrada do condutor, podendo ocasionar maior intensidade de repiques dentro dos condutores.

O condutor T3 (c) manteve uma regularidade de distribuição em torno de 70 % não sofrendo redução significativa ao se aumentar a densidade de semeadura. Já o condutor T6, obteve os melhores percentuais de aceitáveis na 2ª e 4ª densidades. O fato deste condutor possuir um orifício interno que recobre o local de instalação do sensor de sementes, aliado à variação da trajetória de queda destas, pode ter ocasionado este comportamento, estando de acordo com o exposto por Siqueira et al. (2002) que recomenda tubos condutores com paredes internas lisas que não causem obstrução à trajetória das sementes.



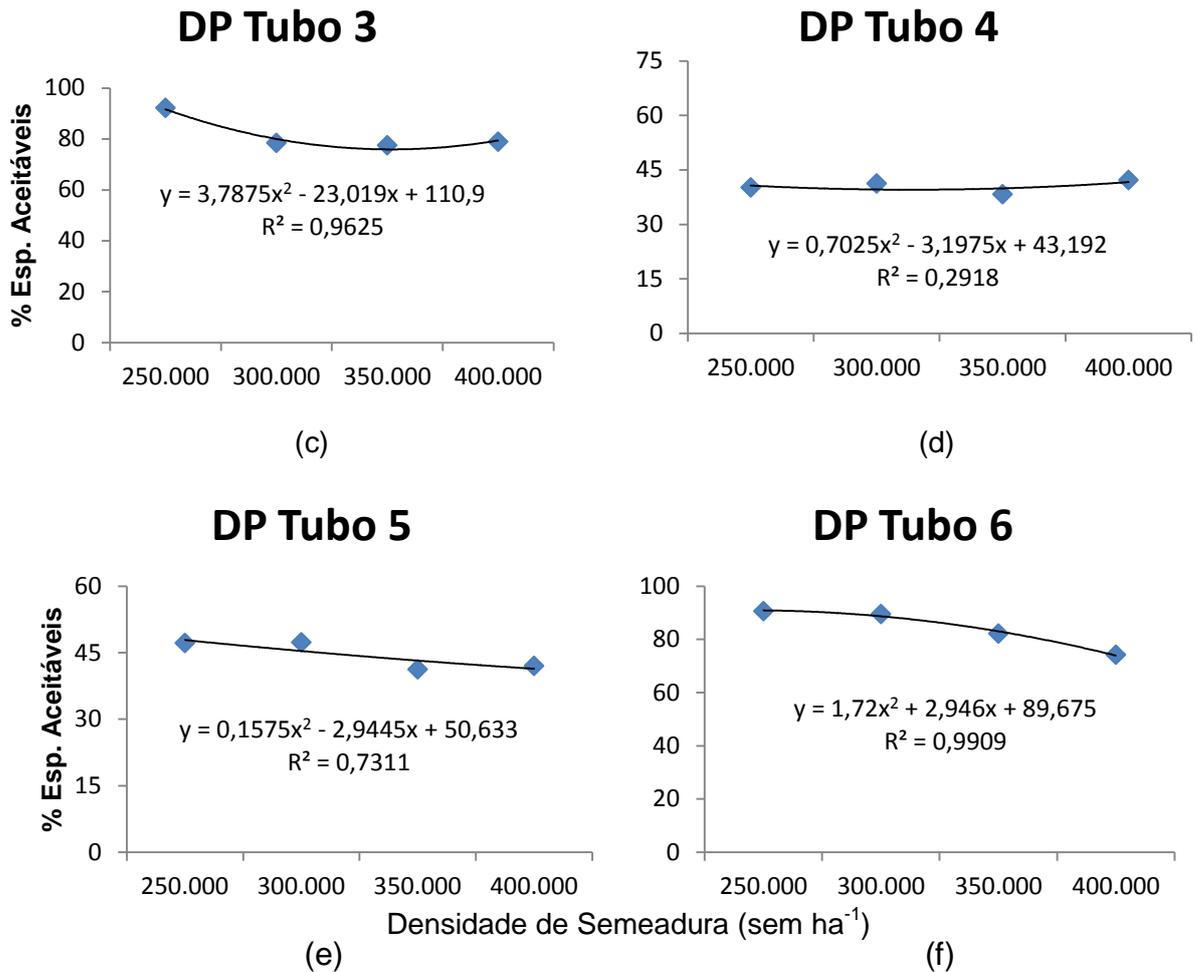


Figura 15 - Equações de regressão para as densidades de semeadura e aumento da velocidade periférica do disco dosador e percentuais de espaçamentos aceitáveis para sementes de soja. DP=Dosador pneumático.

Na figura 15, estão expostos os resultados para o percentual de espaçamentos aceitáveis com as combinações do DP e os diferentes tubos condutores de sementes. A regressão mais ajustada ao modelo para os espaçamentos aceitáveis foi do tipo polinomial. O aumento da densidade de semeadura e, conseqüentemente da velocidade periférica do disco dosador, ocasionou a redução do percentual de espaçamentos aceitáveis para a maioria dos tubos condutores. O T4 (d) obteve médias baixas, mas com o aumento da densidade houve um pequeno aumento do percentual de aceitáveis, fato que pode ter ocorrido devido ao aumento da velocidade periférica do disco dosador ocasionar uma trajetória mais uniforme das sementes na descida pelo tubo condutor, não

ocasionando a elevada ocorrência de repiques dentro deste e, também, o movimento em espiral devido ao formato do mesmo aliado à esfericidade das sementes (FUTRAL e ALLEN 1951).

Os outros condutores causaram redução na uniformidade de distribuição longitudinal ao aumentar a população de plantas e a velocidade do disco dosador, sendo que os condutores T3 (c) e T6 (f), mesmo com este aumento, ainda proporcionaram um nível satisfatório de espaçamentos aceitáveis. O possível fator da manutenção da qualidade na distribuição é a conformação do tubo condutor que proporciona o escoamento da semente até o fundo do sulco de uma forma mais suave e diminui a ocorrência de rebotes, além de reduzir a velocidade de queda das mesmas e diminuir o rolamento ou salteamento destas no fundo do sulco de semeadura, corroborando as conclusões de Wanjura e Hudspeth (1968), que encontraram melhores resultados utilizando condutores de diâmetro de 19,05 mm e com curvatura de aproximadamente 30° voltado para parte traseira da máquina semeadora, divergindo do exposto por Cañavate (1995), que sugere a utilização de condutores retos. Os resultados para interação dosador e tubo condutor, estão expostos na tabela 10.

Tabela 10 - Desdobramento de médias de espaçamentos múltiplos para interação dosador (Fator 1) e tubos Condutores (Fator 2) em sementes de soja.

Tubo Conductor	Dosador	
	DDH	DP
T1	23,90 aB	19,06 bC
T2	33,12 aA	27,84 bB
T3	17,19 aC	9,10 bD
T4	32,15 bA	38,75 aA
T5	31,76 aA	32,69 aB
T6	20,47 aBC	10,82 bD
% Múltiplos		

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada linha e maiúscula em cada coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; DMS colunas = 3.54 DMS linhas = 4.98 DDH = Dosador disco horizontal DP = Dosador Pneumático

Quando combinados com o DDH, os tubos T2, T4 e T5 não diferiram significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade, porém, reduziram a qualidade da distribuição longitudinal de sementes. O T2, proporcionou a maior média de espaçamentos múltiplos, fato que pode ter ocorrido devido às suas pequenas dimensões da extremidade da saída das sementes, o que pode provocar um maior contato destas com as paredes do condutor ocasionando uma maior ocorrência de repiques das mesmas no interior do tubo. Isto ocasiona um atraso na queda da semente fazendo com que a semente dosada seja alcançada pela próxima ocasionando um espaçamento falho e um duplo no sulco de semeadura, corroborando as conclusões de BAINER (1963).

O condutor T4 também proporcionou um aumento de espaçamentos múltiplos. O possível fator desta elevação pode ter sido provocado pelo alto ângulo de impacto da semente na entrada do condutor aliado ao formato cilíndrico que pode aumentar a ocorrência de repiques e desordenamento das sementes ao descer pelo condutor, concordando com o exposto por FUTRAL e ALLEN (1951). O condutor T5 também possui um ângulo de impacto inicial acima do proposto por Deere e Company (1986), além de possuir pequenas dimensões na extremidade de saída podendo aumentar o contato das sementes com as paredes internas do condutor e, conseqüentemente, a ocorrência de espaçamentos múltiplos e falhos, resultados estes que divergem das conclusões encontradas por Bainer et al. (1963), que sugerem tubos condutores com diâmetro pequeno variando entre 12,70 a 19,05 mm.

Para o DP, observou-se que os mesmos condutores citados anteriormente proporcionaram os maiores percentuais de múltiplos, de modo que os fatores que contribuíram para este aumento podem ser os mesmos, além do fato destes condutores não ocasionarem a redução da velocidade de queda das sementes devido a não possuir uma curvatura que conduza as sementes de uma forma mais suave até o fundo do sulco de semeadura. Estes resultados reforçam as conclusões de Casão Junior (1996), que as sementes adquirem uma aceleração na queda que é alterada conforme a velocidade do disco dosador. Estas devem ser desaceleradas para uma velocidade próxima de zero ao chegar ao fundo do sulco de semeadura, evitando que as mesmas possam saltar para fora deste ou localizem-se fora do ponto ideal de queda.

Os condutores T3 e T6 não diferiram entre si, e proporcionaram a redução de espaçamentos múltiplos, podendo este fato estar relacionado à curvatura do tubo condutor corroborando o exposto por (WANJURA e HUDSPETH 1968).

Na tabela 11, são apresentados os resultados da interação dosador x tubo condutor relacionados aos espaçamentos falhos. Observa-se que, quando combinados com o DDH, os condutores T1, T3 e T6 não diferiram entre si e mantiveram um baixo percentual de falhos.

Tabela 11 - Desdobramento de médias de espaçamentos falhos para interação dosador (Fator 1) e tubos Condutores (Fator 2) em sementes de soja.

Tubo Condutor	Dosador	
	DDH	DP
T1	12,03 aB	15,00 aB
T2	20,90 aA	20,54 aA
T3	12,03 aB	9,14 aC
T4	19,37 aA	20,78 aA
T5	20,86 aA	22,85 aA
T6	11,36 aB	5,04 bC

% Falhos

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada linha e maiúscula em cada coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; DMS colunas = 3.70 DMS linhas = 5.29 DDH = Dosador disco horizontal DP = Dosador Pneumático.

Os condutores T2, T4 e T5 provocaram o aumento do percentual de espaçamentos falhos. Fato este, que pode estar relacionado à geometria do tubo condutor, que alterou o tempo de queda das sementes dosadas ocasionando espaçamentos falhos e, posteriormente, múltiplos, devido a uma semente dosada ser alcançada pela próxima. Quando utilizado do D.P., a forma de liberação das sementes pelo disco dosador pode ter sido o fator que agravou a incidência de falhas na distribuição para os condutores T1, T4 e T5. Os condutores T3 e T6 não diferiram entre si, mas proporcionaram os menores índices de espaçamentos falhos. A curvatura do tubo condutor pode ter sido o fator que determinou a baixa percentagem de falhas na distribuição.

6.2 Resultado dos ensaios com sementes de milho.

Os resultados dos dados de precisão, espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos, bem como as interações, foram analisados estatisticamente com o auxílio do Software ASSISTAT[®] versão 7.6 beta (2013), são apresentados na tabela 12.

Tabela 12 - Resultados médios da análise de variância e do teste de médias para precisão e espaçamentos entre sementes de milho.

Fatores	Variáveis			
	Precisão (%)	Aceitáveis (%)	Múltiplos (%)	Falhos (%)
Dosador F1				
Disco Horizontal	21,96 a	78,24 b	9,50 a	12,24 a
Pneumático	21,59 a	82,86 a	9,60 a	7,52 b
CV (%)	24,13	10,32	47,63	54,32
Tubo Condutor F2				
Condutor 1	19,52 b	86,64 a	6,64 cd	6,70 c
Condutor 2	24,06 a	72,04 c	12,78 ab	15,17 a
Condutor 3	18,30 b	88,49 a	4,63 d	6,87 c
Condutor 4	25,41 a	70,45 c	16,39 a	13,15 ab
Condutor 5	23,72 a	79,91 b	9,48 bc	10,59 b
Condutor 6	19,64 b	85,79 a	7,38 cd	6,81 c
CV (%)	10,87	6,54	43,92	38,93
Densidade F3				
60.000	19,54	82,80	7,76	9,43
70.000	20,42	83,01	7,48	9,50
80.000	22,07	79,90	10,05	10,03
90.000	19,64	76,51	12,91	10,56
CV (%)	14,18	7,74	47,28	55,54
Teste F				
Dosador F1	0,23 ns	14,81 **	0,012 ns	29,33 **
Tubo Condutor F2	50,20 **	69,82 **	26,60 **	29,24 **
Densidade F3	29,75 --	11,44 --	14,93 --	0,44 --
F1 X F2	12,84 **	32,20 **	13,98 **	10,39 **
F1 X F3	2,47 ns	1,02 ns	0,30 ns	0,53 ns
F2 X F3	0,61 ns	2,35 **	2,10 *	0,74 ns
F1 X F2 X F3	0,55 ns	1,11 ns	0,48 ns	1,26 ns

-- Os tratamentos são quantitativos. O Teste F não se aplica; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$)

De acordo com Kachman e Smith (1995) o coeficiente de variação (C.V.), utilizado na avaliação de semeadoras, não é adequado para avaliação do seu desempenho, uma vez que a distribuição dos espaçamentos entre plantas, neste caso, não é normal. Os valores do Coeficiente de Variação (CV) da variável espaçamentos falhos e múltiplos para os fatores dosador (F1), tubos condutores (F2) e densidade de semeadura (F3), não atendem à classificação proposta por Coelho (1996), que referencia o CV de 30% para avaliação de dosadores pneumáticos, estando dentro dos padrões para os dosadores mecânicos que é de, no máximo, 50% para as variáveis espaçamentos múltiplos nos fatores F1, F2 e F3 e falhos para o F2.

Porém, os valores do CV encontrados nestes ensaios estão abaixo da média encontrada por Pinheiro Neto et al. (2008), que realizou um experimento em diferentes velocidades de deslocamento utilizando um dosador de discos horizontais e um pneumático, encontrando na média de coeficiente de variação (CV) dos espaçamentos entre plantas de 80,93 % para a maior velocidade.

Com relação aos dados analisados para a variável precisão, os resultados analisados não ultrapassam o limite prático estabelecido por Kachman e Smith (1995), que é de 29%. Segundo estes autores, esta variável pode ser uma boa ferramenta para avaliar o desempenho de semeadoras.

Quando combinados com o DDH, os condutores T1, T3 e T6 não diferiram entre si ao nível de 5% de probabilidade e proporcionaram os melhores índices de precisão, de acordo com Kachman e Smith (1995), os valores menores são os que empregam uma melhor eficiência de desempenho da semeadora. Quando combinados com o DP os mesmos condutores citados para o DDH proporcionaram os melhores índices de precisão. Houve interação significativa entre os fatores dosador e tubo condutor, conforme os dados expostos abaixo na tabela 13.

Tabela 13 - Desdobramento de médias da interação Dosador (Fator 1) e Tubos condutores (Fator 2) para a variável precisão, em sementes de milho.

Tubo Conductor	Dosador	
	DDH	DP
T1	21,60 aABC	17,44 bC
T2	23,80 aA	24,32 aB
T3	19,60 aC	17,00 bC
T4	23,81 bA	27,01 aA
T5	22,34 bAB	25,09 aAB
T6	20,60 aBC	18,68 aC

% Precisão

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada linha e maiúscula em cada coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; DMS colunas = 2.24 DMS linhas = 2.54 DDH = Dosador disco horizontal DP = Dosador pneumático

Já os condutores T2, T4 e T5, demonstraram redução da precisão. O provável fator que contribuiu para esta redução pode estar relacionado a conformação do tubo condutor aliada à forma de liberação das sementes pelo mecanismo dosador. Com relação aos espaçamentos aceitáveis, o desdobramento das médias da interação dosador x tubos condutores, são apresentadas na tabela 14.

Tabela 14 - Desdobramento de médias da interação dosador (Fator 1) e tubos condutores (Fator 2) para a variável espaçamentos aceitáveis, em sementes de milho.

Tubo Conductor	Dosador	
	DDH	DP
T1	79,71 bAB	93,57 aA
T2	72,50 aC	71,59 aC
T3	82,44 bA	94,54 aA
T4	77,50 aABC	63,40 bD
T5	76,70 bBC	83,12 aB
T6	80,62 bAB	90,96 aA

% Aceitáveis

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada linha e maiúscula em cada coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; DMS colunas = 4.25 DMS linhas = 5.66 DDH = Dosador disco horizontal DP = Dosador pneumático.

Observa-se que, quando combinados com o DDH, todos os tubos condutores mantiveram média de aceitáveis acima de 70%, houve uma variação de aproximadamente 10% entre a maior e a menor porcentagem. O formato das sementes de milho pode ser o fator determinante para a redução da interferência dos tubos condutores. Por serem achatadas, as sementes sofrem uma menor ação do rolamento dentro do sulco de semeadura após serem liberadas pelo tubo condutor, mesmo que este seja reto.

Os condutores T3 e T6 não diferiram entre si e mantiveram o maior percentual de espaçamentos aceitáveis, provavelmente pela conformação da descarga das sementes que proporciona uma menor ocorrência de repiques dentro do condutor, corroborando as conclusões de Wanjura e Hudspeth (1968), que encontraram melhores resultados utilizando condutores de diâmetro de 19,05 mm e, com curvatura de aproximadamente 30°, voltado para parte traseira da semeadora.

Quando combinados com o DP, os condutores T1, T3 e T6 mantiveram o percentual de espaçamentos aceitáveis acima dos 90%, podendo ter desempenho classificado como ótimo, segundo a classificação de Tourino e Klingensteiner (1983). Pela conformação dos condutores, percebe-se que há influência do formato das sementes na distribuição longitudinal, sendo que, o T1, possui perfil de descarga reto, porém, uma angulação de entrada em torno de 6°, estando de acordo com o descrito por Deere e Company (1986), e os condutores T3 e T6 possuem angulação próximo a 30° como citado por Wanjura e Hudspeth (1968), mesmo assim, o condutor T1 proporcionou manutenção na qualidade de distribuição, ao passo que, nas sementes de soja, os condutores de perfil reto proporcionaram os piores resultados. Houve interação significativa entre os tubos condutores e o aumento da densidade de semeadura e, conseqüentemente, a velocidade periférica do disco dosador para a variável espaçamentos aceitáveis. Os dados são apresentados na tabela 15.

Tabela 15 - Desdobramento de médias da interação tubos condutores (Fator 2) e densidade de semeadura (Fator 3) para a variável espaçamentos aceitáveis, em sementes de milho.

Tubos Condutores	Densidade (Sem ha ⁻¹)			
	60.000	70.000	80.000	90.000
T1	89,31a	87,72a	88,29a	81,25a
T2	71,81b	74,54b	74,88c	66,93c
T3	90,22a	88,29a	88,18a	87,27a
T4	70,79b	76,02b	63,97d	71,02c
T5	88,06a	81,47ab	77,84bc	72,27bc
T6	86,59a	90,00a	86,25ab	80,34ab

% Aceitáveis

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; DMS colunas = 8,69.

Para obtenção de maiores densidades, existe a necessidade do aumento da velocidade periférica do disco dosador de sementes. Este aumento proporcionou redução dos espaçamentos aceitáveis para os tubos utilizados. Os condutores T1, T3 e T6 não diferiram entre si para as quatro densidades avaliadas, porém, o T6, sofreu redução significativa de espaçamentos aceitáveis para a maior população utilizada.

Alguns condutores obtiveram maiores percentuais de espaçamentos aceitáveis em velocidades periféricas intermediárias utilizadas nos dosadores de sementes, concordando com os resultados encontrados por Reis et al. (2007), que não obtiveram resposta linear na regularidade de distribuição longitudinal de sementes, encontrando os maiores percentuais de espaçamentos aceitáveis nas velocidades intermediárias entre as estudadas.

A tabela 16 apresenta os resultados da interação dosadores e tubos condutores para a variável espaçamentos múltiplos. As maiores diferenças foram encontradas com os condutores combinados com o DP.

Tabela 16 - Desdobramento de médias da interação dosador (Fator 1) e tubos condutores (Fator 2) para a variável espaçamentos múltiplos, em sementes de milho.

Tubo Conductor	Dosador	
	DDH	DP
T1	9,65 aA	3,63 bD
T2	10,73 bA	14,83 aB
T3	7,21 aA	2,04 bD
T4	11,13 bA	21,64 aA
T5	9,43 aA	9,54 aC
T6	8,86 aA	5,90 aCD

% Múltiplos

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada linha e maiúscula em cada coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; DMS colunas = 3.56 DMS linhas = 5.12 DDH = Dosador disco horizontal DP = Dosador pneumático

Quando combinados com o DDH não houve diferença significativa entre os tubos condutores, porém o T3 proporcionou o menor percentual de espaçamentos múltiplos. O condutor T4 obteve a maior média de múltiplos, sendo o provável fator determinante para a redução da qualidade, a angulação de entrada da semente que pode proporcionar uma maior intensidade de repiques dentro do tubo condutor, assim como o T2, devido ao seu pequeno diâmetro de saída das sementes, estes resultados concordam com Pacheco (1996), o autor comenta que devido ao pequeno diâmetro dos condutores, ocorre um maior número de rebotes das sementes no interior do condutor, ocasionando a maior incidência de espaçamentos múltiplos.

Quando combinados com o DP, os condutores T1, T3 e T6 não diferiram entre si e ocasionaram os menores percentuais de espaçamentos múltiplos. Os tubos T2 e T4, obtiveram as maiores percentagens de múltiplos, a influência da forma de liberação das sementes pelo DP que, possivelmente, devido às sementes adquirirem uma maior velocidade de queda quando comparadas a liberação pelo DDH, aumentam assim o efeito do ricocheteamento no interior do condutor. Este efeito, não concorda com os resultados encontrados por Bainer et al. (1963), que obtiveram melhores resultados e sugerem que o tubo condutor de sementes tenha um diâmetro pequeno variando entre 12,7 a 19,05 mm, seja liso e reto.

O resultado da interação entre os tubos condutores e densidade de semeadura, é apresentado na tabela 17.

Tabela 17 - Desdobramento de médias da interação tubos condutores (Fator 2) e densidade de semeadura (Fator 3) para a variável espaçamentos múltiplos, em sementes de milho.

Tubos Condutores	Densidade (sem ha ⁻¹)			
	60.000	70.000	80.000	90.000
T1	5,45 bc	5,45 ab	5,68 c	9,99 bc
T2	11,47 ab	10,45 ab	12,95 b	16,25 ab
T3	2,61 c	4,66 b	4,77 c	6,47 c
T4	16,59 a	11,93 a	21,02 a	16,02 ab
T5	4,54 c	7,84 ab	8,86 bc	16,70 a
T6	5,90 bc	4,54 b	7,04bc	12,04 abc

% Múltiplos

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; DMS colunas = 6.62

Observa-se que, ao aumentar a densidade de semeadura, e, conseqüentemente da velocidade periférica do disco dosador, ocorre um aumento do percentual de espaçamentos múltiplos, principalmente para os condutores T2, T4 e T5. Este efeito pode ser atribuído à variação de trajetória das sementes, devido ao aumento da velocidade periférica do disco dosador, concordando com o exposto por Tourino (1983), isto ainda tem sua contribuição aumentada pela forma, inclinação do tubo condutor e também o comprimento do mesmo.

Já para o condutor T6, o possível fator que elevou o número de espaçamentos múltiplos pode ser a presença de um orifício que recobre o local de instalação do sensor de sementes. Isto pode ocasionar o desvio da trajetória normal das sementes modificando o tempo de queda gerando espaçamentos irregulares, estando de acordo com o exposto por Tourino (1993), onde deve-se evitar a presença de pontos que obstruam a passagem das sementes como entalhes e ranhuras.

Houve interação significativa entre os dosadores e tubos condutores. As percentagens dos espaçamentos falhos estão expostas na tabela 18.

Tabela 18 - Desdobramento de médias da interação dosador (Fator 1) e tubos condutores (Fator 2) para a variável espaçamentos falhos, em sementes de milho.

Tubos Condutores	Dosador	
	DDH	DP
T1	10,62 aB	2,78 bC
T2	16,76 aA	13,57 bA
T3	10,34 aB	3,41 bBC
T4	11,36 bB	14,94 aA
T5	13,86 aAB	7,33 bB
T6	10,51 aB	3,12 bC

% Falhos

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada linha e maiúscula em cada coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; DMS colunas = 3.10 DMS linhas = 4.13 DDH= Dosador disco horizontal DP= Dosador pneumático.

Houve uma maior ocorrência de espaçamentos falhos quando utilizado o dosador de disco horizontal. Os condutores T2 e T5, por possuírem menor diâmetro de descarga das sementes proporcionaram os maiores percentuais de falhos. Estes resultados não concordam com Bainer et al. (1963), que obteve melhores resultados e sugere que o tubo condutor de sementes tenha um diâmetro pequeno, variando entre 12,70 a 19,05 mm. A combinação dos condutores com o dosador pneumático em média, reduziu a percentagem de espaçamentos falhos. A forma de liberação pelo DP pode fazer com que as sementes diminuam o contato com as paredes internas dos condutores reduzindo o efeito de ricocheteamento e alteração entre os espaçamentos das sementes.

7. CONCLUSÕES

Com base na análise e interpretação dos resultados, nas condições em que foram realizados os ensaios, foram obtidas as seguintes conclusões:

- 1) Para os ensaios com sementes de soja, a distribuição longitudinal é afetada pelo formato do tubo condutor. Tubos cilíndricos e de perfil reto, afetam a trajetória das sementes, ocasionando a redução dos espaçamentos aceitáveis.
- 2) O ângulo de entrada das sementes no tubo condutor não deve ser superior a 6°. Isto ocasiona uma maior ocorrência e intensidade de repiques das sementes no interior do condutor.
- 3) O aumento da densidade de semeadura e, conseqüentemente, da velocidade periférica do disco dosador, proporcionou a redução de espaçamentos aceitáveis, em média, para o dosador pneumático. Ao aumentar a velocidade do disco, aumentou também a velocidade com que as sementes eram liberadas pelo dosador, ocasionando uma maior ocorrência de repiques em condutores retos e de pequeno diâmetro.
- 4) Os tubos condutores, com perfil parabólico, T3 e T6 com curvatura de descarga de aproximadamente 30°, proporcionaram melhor qualidade de distribuição longitudinal independentemente do mecanismo dosador utilizado. Porém, estes não devem possuir obstáculos internos à descarga das sementes como sensores ou saliências que provoquem alteração na trajetória das mesmas.
- 5) Houve uma menor influência do formato dos condutores na distribuição longitudinal de sementes de milho, porém o diâmetro e o ângulo de entrada das mesmas ocasionou redução nos espaçamentos aceitáveis.
- 6) O aumento da densidade de semeadura e conseqüentemente da velocidade periférica do disco dosador, proporcionaram redução de espaçamentos aceitáveis para a maioria dos condutores utilizados, sendo mais acentuada em condutores com pequeno diâmetro e perfil reto.
- 7) O dosador pneumático, em média, obteve melhor desempenho na distribuição longitudinal de sementes mesmo quando combinado com condutores retos

que possuem ângulo de entrada não excedendo 6° e diâmetro adequado, demonstrando que, devido ao seu formato, as sementes de milho sofrem pouca influência dos tubos condutores.

- 8) Os tubos condutores com perfil parabólico, com curvatura de descarga de aproximadamente 30° , T3 e T6 proporcionaram a melhor qualidade de distribuição longitudinal. Porém, assim como mencionado para as sementes de soja, estes não devem possuir obstáculos internos à descarga das sementes como sensores ou saliências que provoquem alteração na trajetória das mesmas.
- 9) Independente do tipo de semente utilizada, o tubo condutor T3 obteve o melhor desempenho para as variáveis precisão, espaçamentos aceitáveis e múltiplos, obtendo redução da qualidade de distribuição longitudinal, mesmo que não significativa, para os espaçamentos falhos em relação ao T6.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto de norma 04: 015.06 – 004: Semeadora de precisão – ensaio de laboratório – método de ensaio.** São Paulo, 1984. 26 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto de norma: 04:015.06-010: Semeadoras e distribuidoras de fertilizantes ou corretivos – Terminologia: Definições.** Rio de Janeiro, 1996.

ALONÇO, A. dos 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, CD-rom.

ALTMANN, A., et al. Determinação do ângulo de repouso de fertilizantes e sementes através da análise de imagens. In: Simpósio de ensino, pesquisa e extensão. 14, 2010. Santa Maria, **Anais...**, Santa Maria: UNIFRA, 2010, CD-Rom.

AUTRY, J. W.; SHROEDER, E. W. **Design factors for hill drop planters.** Agricultural Engineering, St. Joseph, MI, v. 34, n. 8, p. 525-527, 531, 1953.

BAINER, R., KEPNER, R. A., BARGER, E. L. **Principles of farm machinery.** 3. ed. New York: John Wiley, 1963. 571 p.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas.** São Paulo: Manole, 1990. 205 p.

BERNACKI, H., HAMAN, I., KANAFOJSKI, Cz. **Agricultural machines theory and construction,** 1. ed. Warszawa: Deslocamento sobre características operacionais de semeadoras. Campinas: Instituto Agrônômico 1984. 13 p. n. 97.

BREECE, H. E. ; HANSEN, H. V. ; HOERNER, T. A. **Planting:** fundamental of machinery operation. Moline: John Deere Service Training, 1975.171 p.

BUFTON, L.F. & RICHARDSON, P. Seed displacement after impact on a soil surface. United Kingdon. **Journal of Agricultural Engineering Research (S)**- p. 327- 338 J. 1978.

BUTIERRES. Foco na Regulagem. **A Granja**, Porto Alegre, n. 679, 2005.

CAMILO, A.J., et al. **Influência de mecanismos rompedores e velocidades de trabalho no desempenho de uma semeadora-adubadora de plantio direto do feijão**. Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.12, n.3, p. 203-211, jul/ago 2004.

CAÑAVATE, Jaime; ORTIZ. **Las máquinas agrícolas y su aplicacion**. Espanha: Ediciones Mundi Prensa, 1995, 487 p.

CASÃO JUNIOR, R. **Desenvolvimento de sistema pneumático de dosagem de transporte de sementes**. 191 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

CHINNAN, M.S.; YOUNG, J.H.; ROHRBACK, R.P. Accuracy of seed pacing in peanuts planting. **Transactions of the ASAE**, St, Joseph, v. 18, n. 5, p. 828-831, 1975.

COELHO, J.L.D. Ensaio & certificação das máquinas para a semeadura. In MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaio & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. p. 551-569.

COPETTI, E. Plantadoras: culpa de quem? **Cultivar Máquinas**, v. 3, n. 18, p. 14-17, 2003.

DAMBRÓS, R. M. **Avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras de milho com diferentes mecanismos dosadores**. 1998. 86 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

DEERE & COMPANY, Jay Harold Olson. Tubo de semear e dosador de sementes. PI 8600790. **Revista Propriedade Industrial**. Rio de Janeiro, n. 837, 40 p.1986.

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

DELAFOSSE, Roberto M.; SCASSO, Guillermo, MELÉNDEZ, Clovis. **El Grado de precision de una máquina sembradora y su relacion com el nivel de granos en la tolva.** Castelar, Argentina: INTA, 1986. 10 p.

DIAS, Vilnei de O. **Tamanho amostral para ensaios em esteira de distribuição longitudinal de sementes de milho e soja.** 2012. 110 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola – Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Embrapa/CNPMS). **Recomendações técnicas para o cultivo de milho.** 2. ed. Brasília: Serviço de Produção e Informação. 1996. 48 p.

ENDRES, V.C.; TEIXEIRA, M. R. O. **População de plantas e arranjo entre fileiras.** In: EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. *Milho: informações técnicas.* Dourados, 1997. cap. 6, p.108-10.

Espaçamento, densidade e época de semeadura. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste (Dourados, MS). **Soja: recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.** Dourados, 1996. p. 82-85. (Circular Técnica, 3).

FEY, E., SANTOS, S.R. **Efeito da velocidade de semeadura sobre a população de plantas, distribuição longitudinal e produção de grãos de milho (*Zea mays* L.).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. (editado em cd-rom).

FUTRAL, J.G. & ALLEN, R.J. **Development of a high speed planter.** Agricultural Engineering, S^t Joseph, MI, 32 (4): p. 215-216, 1951.

HEIFFIG, L. S. **Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais.** *Bragantia*, Campinas, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

International Organization for Standardization. ISO: 7256/1: **Sowing equipment – methods of test: part 1. Single seed drills (precision drills).** Geneva, 1982.16 p.

JASPER, R., et al. Distribuição longitudinal e germinação de sementes de milho com emprego de tratamento fitossanitário e grafite. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 292-299, 2006.

JASPER, R., et al. Comparação de bancadas simuladoras do processo de semeadura em milho. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 623-629, out./dez. 2009.

JOHN DEERE. **Por qué una sembradora de precisión?** 2012. Disponível em: <http://www.deere.com/wps/dcom/es_LA/services_and_support/tips/attachments/why_precision_seeder/why_precision_seeder.page>. Acesso em: 04 out. 2012.

JUSTINO, A.; WEIRICH NETO, P. H.; SANTOS, S. R. **Análise da distribuição de sementes do conjunto de sete híbridos de milho (*Zea mays* L.) e sete discos horizontais perfurados.** - In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas – MG. **Anais**. Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, p. 286-8.

LAN, Y.; KOCHER, M. F.; SMITH, J. A. Opto-electronic sensor system for laboratory measurement of planter seed spacing with small seeds. **Journal Agricultural Engineering Research**, n. 72, p. 119–127, 1999.

LOPES, D. Plantio de Soja: Garanta um cultivo de maior produtividade. **Revista Investir Dinheiro**. No Campo. 2012.

MALLET, A. Conservação completa. **Revista Cultivar**. n. 97, p. 10 -13, 2010.

MANTOVANI, E.C. **Plantadoras de milho**: Embrapa Milho e Sorgo. 2003. Disponível em: <http://www.portalagronegocio.com.br/conteudo.php?id=22998>>. Acesso em: 5 out. 2012.

MANTOVANI, E. C. & BERTAUX, S. **Avaliação de desempenho de semeadoras-adubadoras de milho no campo**. Sete Lagoas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos. Sindicato Nacional da Indústria de Máquinas, 1990.

MANTOVANI, E. C, et al. Desempenho de dois sistemas distribuidores de sementes utilizados em semeadoras de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 93-98, 1999.

MELLO, L.M.M., PINTO, E.R., YANO, E.H. Velocidade de semeadura na cultura do milho (*Zea mays* L.): distribuição de sementes e produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. (editado em cd-rom).

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

MONTEIRO, L. R. **Desenvolvimento e análise de uma semeadora pneumática de grãos**. CAMPINAS-SP: UNICAMP, 1989, 140 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Faculdade de Engenharia Agrícola, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 1989.

NETO, R.,P. et al. Desempenho de mecanismos dosadores de sementes em diferentes velocidades e condições de cobertura do solo. **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 30, supl., p. 611-617, 2008, DOI: 10.4025/acta sci agron.v30i5.5960.

NIELSEN, R. L. **Planting speed effects on stand establishment and grain yield of corn**. *J. Prod. Agric*: p. 391-393. 1995.

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.

KARAYEL, D.; BARUT, Z.B.; ÖZMERZI, A. **Mathematical modelling of vacuum pressure on a precision seeder**. Biosystems Engineering, Silsoe, v. 87, n. 4, p. 437-444, 2004.

KEPNER, R.A.; BAINER, R.; BARGER, E.L. **Principles of farm machinery**. Westport, Connecticut: Avi Publishing Company, 1982. Crop Planting 10, p. 209-35.

KURACHI, S. A. H., et al. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaio e Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.26, n.2, p.520-527, maio/ago. 2006
527 regularidade de distribuição longitudinal de sementes. *Bragantia*, Campinas, v. 48, n.2, p. 249-62, 1989.

KURACHI, S. A. H. et al. **Avaliação tecnológica: resultados de ensaios de mecanismos dosadores de sementes de semeadoras e/ou adubadoras de precisão**. Campinas: IAC, 1993. (Boletim científico, 28).

KOCHER, M.F., et al. **Optoelectronic sensor system for rapid evaluation of planter seed spacing uniformity**. Transaction of the ASAE, St Joseph, v.41, n. 1, p. 237-245, 1998.

OLIVEIRA, A. C. et al. Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1455-1463, 2000.

PACHECO, E. P., et al. Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão. **Revista da Pesquisa Agropecuária-PAB**. Brasília, v. 31, n. 03, p. 209-214. 1996.

PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B. Falhas e duplos na produtividade. **Seed News**. Pelotas, v. 12, p. 22-27, 2008.

PORTELLA, J. A. **Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas**. *Doc. Cent. Nac. Pesqui. Trigo/EMBRAPA*, n. 41, p. 1-40, 1997.

QUEIROZ, E. F. **Efeito da época de plantio e população sobre o rendimento e outras características agrônômicas de quatro cultivares de soja**. Santa Maria: UFSM, 1975, 109 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Rural) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Maria, 1975.

RAZERA, L. F. **Efeitos de danificações mecânicas causadas por semeadoras em sementes de soja**. 1979. 67 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, Piracicaba, 1979.

REIS, A.V.; ALONÇO, A. dos S. Comparativo sobre a precisão funcional de vários mecanismos dosadores estudados no Brasil entre os anos de 1989 e 2000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD-ROM

REIS, E. F. Características operacionais de uma semeadora-adubadora de plantio direto na cultura da soja (*Glycine Max (L.) Merrill*). **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, Havana, v. 16, n. 3, p. 70-75, 2007.

ROCHA, F. E. Avaliação de três mecanismos de distribuição de sementes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 3, p. 331-337, 1998.

ROSOLEM, C. A. SILVÉRIO, J. C. O., NAKAGAWA, I. Densidade de plantas na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 18, n. 9, p. 977-984, 1983

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 31, p. 159-168, 2001.

SANTOS, S.R. et al. Distribuição de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), sob diferentes discos perfurados e velocidades de avanço. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999. Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa, 1999. p.343.

SATTLER, A. **Regulagem estática da vazão de sementes em semeadoras de precisão**: método da relação de transmissão. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 24p. (Embrapa Trigo. Documentos, 24).

SATTLER, A.; FAGANELLO, A.; PORTELLA, J.A. **Desempenho de um protótipo dosador**: perfil de distribuição longitudinal. Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, 1998.

SCHUCH, L. O. ; PESKE S. T. Falhas e duplos na produtividade. **Revista SEED News**, 2010. v. 12 n. 6.

SILVA, S. L. **Projeto e construção de um sistema de aquisição de dados para avaliação do desempenho energético de máquinas e implementos agrícolas**. 1997. 148 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

SILVA, J.G.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVEIRA, P.M. Desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho sob plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n.1, p.7-12, 2000.

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.

Sistema de produção: soja, milho, algodão e girassol. 2010. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

SIQUEIRA, R.; CASÃO JR, R.; ARAÚJO, A.G. Plantadoras, plantio direto: Ângulo ideal. **Cultivar Máquinas**. Pelotas-RS, p. 30- 32, julho-agosto 2002.

Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil. (Sistemas de Produção/Embrapa Soja) Londrina, 2008, 280 p.

TEIXEIRA, M. C. C.; BEMYGDIO, B. M.; RODRIGUES, O. **Efeito da densidade de plantas e espaçamento entre linhas no desempenho de cultivares de milho da Embrapa**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 14 p. html (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 34). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp34.htm>.

TOURINO, M.C.C. **Influência na velocidade tangencial dos discos de distribuição e dos condutores de sementes de soja, na precisão de semeadoras**. 1993. 114 f. Dissertação (Mestrado) – UNICAMP, Campinas. 1993.

TOURINO, M.C.C. et al. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.

TOURINO, M.C.C.; KLINGENSTEINER, P. Ensaio e avaliação de semeadoras-adubadoras. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 8., 1983, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRRJ, 1983. v. 2, p. 103-116.

VIEIRA JUNIOR, P. A. **Emprego da técnica de análise de imagens na determinação do comprimento e da largura de sementes de milho**. Piracicaba, 1998. 153p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

WANJURA, D.F. & HUDSPETH JUNIOR, E.B. **Metering seed-pattern characteristics of a horizontal edge-drop plate planter**. Transactions of the Asae, St. Joseph, 11(4): p.468-469,473, 1968.

WILSON, J. M. **The effect of release errors and release point on the desing of precision seed drills.** In: Journal Agriculture Engeneering Research Silsoe, 25 (4). p. 407 – 419, 1980.

Apêndice A - Especificações dos tubos condutores utilizados nos ensaios



Tubo condutor 1

Comprimento: 40,74 cm

Ângulo de entrada de sementes: $6,93^\circ$

Ângulo de saída de sementes: 0°

Medidas de entrada de sementes (mm): 32 x 43

Medidas de saída de sementes (mm): 28 x 18



Tubo condutor 2

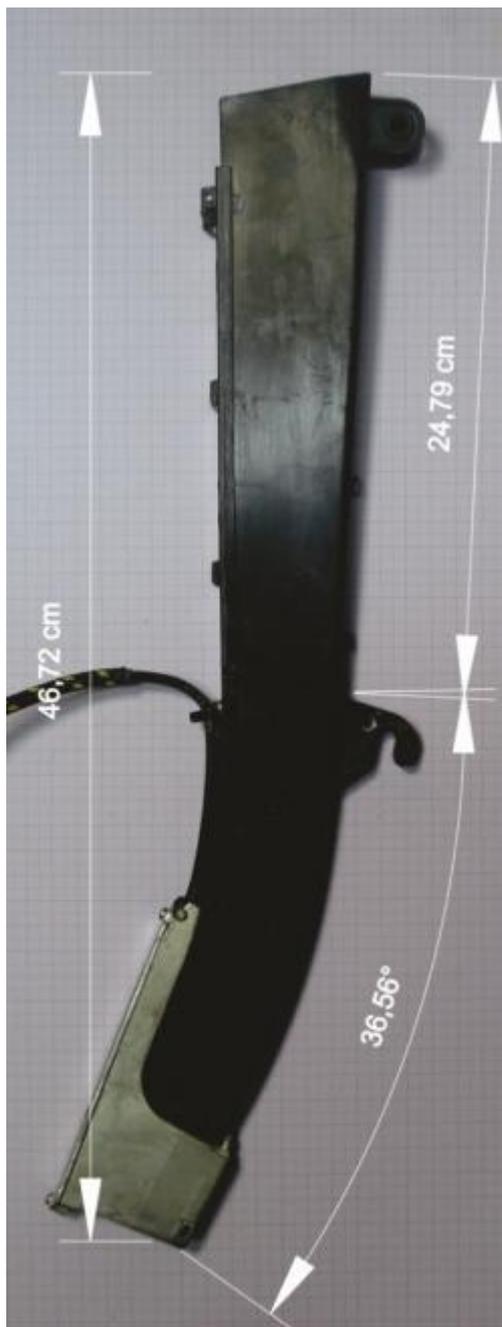
Comprimento: 37,22 cm

Ângulo de entrada de sementes: 0°

Ângulo de saída de sementes: 0°

Medidas de entrada de sementes (mm): 44

Medidas de saída de sementes (mm): 42 x 12



Tubo condutor 3

Comprimento: 46,72 cm

Ângulo de entrada de sementes: 0°

Ângulo de saída de sementes: 36,56°

Medidas de entrada de sementes (mm): 53 x 35

Medidas de saída de sementes (mm): 36 x 15



Tubo condutor: 4

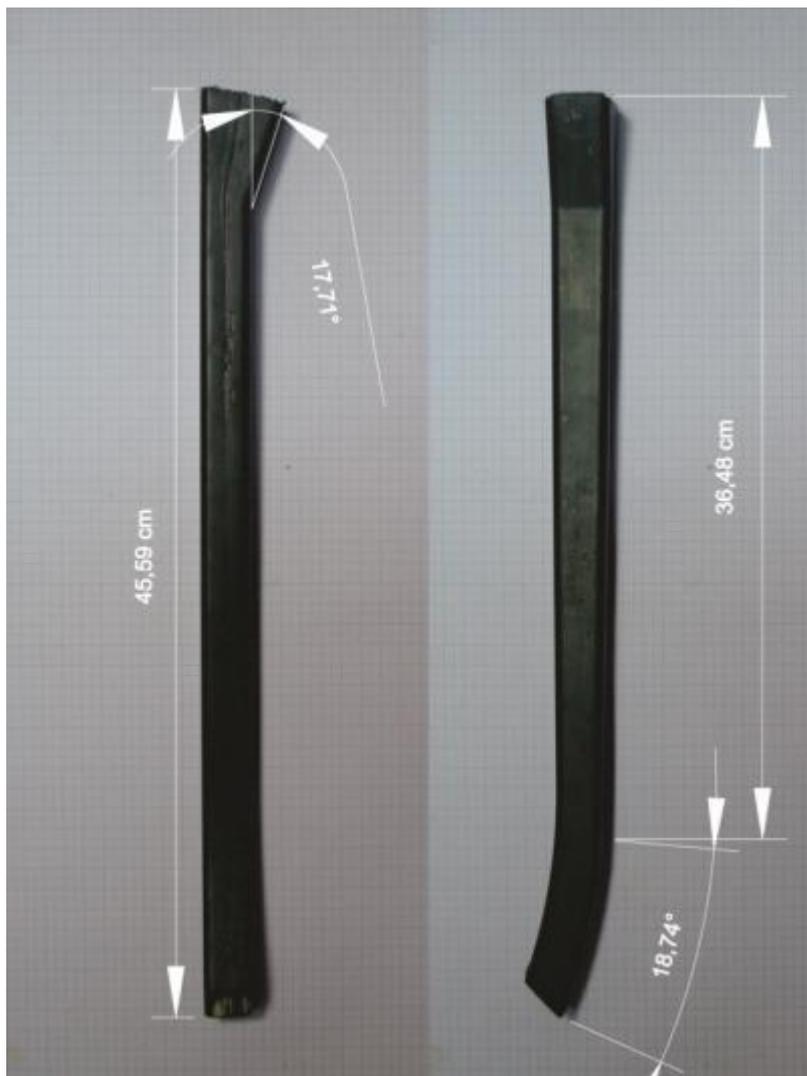
Comprimento: 45,55 cm

Ângulo de entrada de sementes: $14,15^{\circ}$

Ângulo de saída de sementes: 0°

Medidas de entrada de sementes (mm): 30 x 40

Medidas de saída de sementes (mm): 27 x 18



Tubo condutor: 5

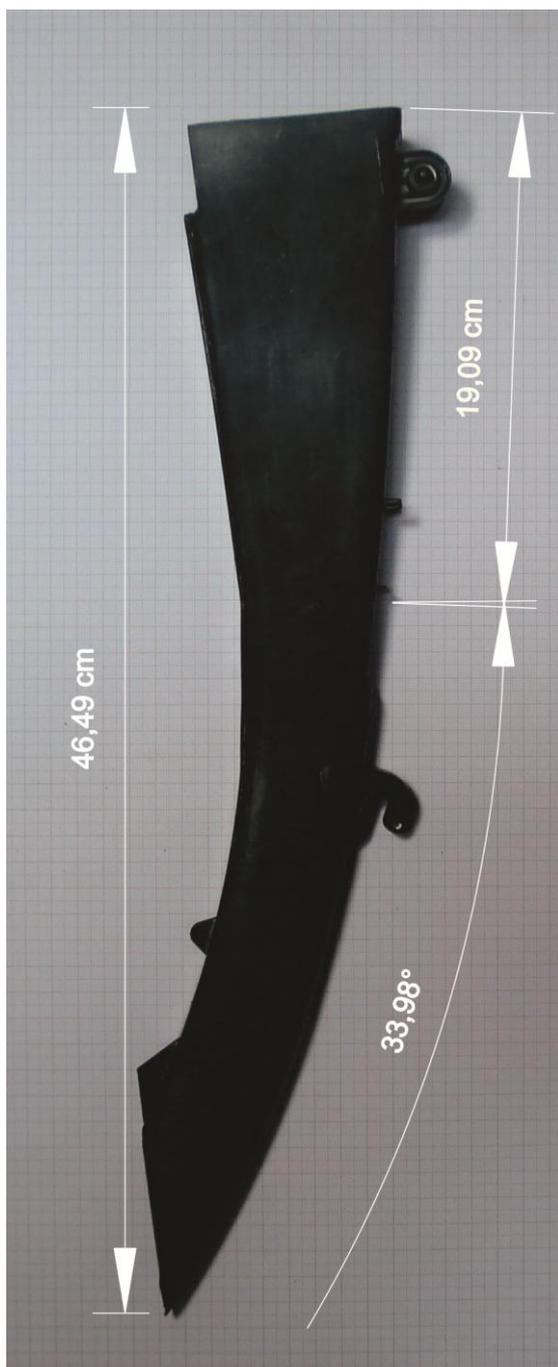
Comprimento: 45,59 cm

Ângulo de entrada de sementes: $17,71^\circ$

Ângulo de saída de sementes: $18,74^\circ$

Medidas de entrada de sementes (mm): 28 x 54

Medidas de saída de sementes (mm): 22 x 22



Tubo condutor: 6

Comprimento: 46,49 cm

Ângulo de entrada de sementes: 0°

Ângulo de saída de sementes: 33,98°

Medidas de entrada de sementes (mm): 75 x 51

Medidas de saída de sementes (mm): 44 x 19