

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SEMEADURA DE MILHO: MECANISMOS DOSADORES E  
ÂNGULOS DE ABERTURA DE SULCOS EM FUNÇÃO DA  
VELOCIDADE**

**Antonio Tassio Santana Ormond  
Engenheiro Agrícola**

**2017**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SEMEADURA DE MILHO: MECANISMOS DOSADORES E  
ÂNGULOS DE ABERTURA DE SULCOS EM FUNÇÃO DA  
VELOCIDADE**

**Antonio Tassio Santana Ormond**

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani**

**Coorientador: Prof. Dr. Adilson José Rocha Mello**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo)

**2017**

O73s Ormond, Antonio Tassio Santana  
Semeadura de milho: mecanismos dosadores e ângulos de abertura de sulcos em função da velocidade/ Antonio Tassio Santana Ormond. -- Jaboticabal, 2017  
xvi, 85 p. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017

Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani

Coorientador: Adilson José Rocha Mello

Banca examinadora: Carlos Alessandro Chioderoli, Rouverson Pereira da Silva, Murilo Aparecido Voltarelli, Cristiano Zerbato

Bibliografia

1. Máquinas agrícolas. 2. Controle estatístico do processo. 3. Distribuição Longitudinal. 4. Área Mobilizada. 5. Semeadora-adubadora. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.311:633.15



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA TESE: SEMEADURA DE MILHO: MECANISMOS DOSADORES E ÂNGULOS DE ABERTURA DE SULCOS EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE

**AUTOR: ANTONIO TÁSSIO SANTANA ORMOND**  
**ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI**  
**COORIENTADOR: ADILSON JOSE ROCHA MELLO**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:

  
 Prof. Dr. CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI  
 Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal

  
 Prof. Dr. CARLOS ALESSANDRO CHIODEROLI  
 Departamento de Engenharia Agrícola / Universidade Federal do Ceará / Fortaleza/CE

  
 Prof. Dr. ROUVERSON PEREIRA DA SILVA  
 Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal

  
 Prof. Dr. MURILO APARECIDO VOLTARELLI  
 Câmpus de Lagoa do Sino / UFSCAR / Campina do Monte Alegre/SP

  
 Prof. Dr. CRISTIANO ZERBATO  
 Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 26 de julho de 2017

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

**Antonio Tassio Santana Ormond** – nascido em Nortelândia, Mato Grosso, no dia 07 de setembro de 1987, filho de Laudelino Coelho Ormonde e Silvandete Ferreira de Santana Ormonde, cursou o Ensino Fundamental na Escola Estadual Tancredo de Almeida Neves e Ensino Médio na Escola Estadual ambas no município de Nortelândia. Ingressou no Ensino Superior no ano de 2006 no curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, e recebeu o título de Engenheiro Agrícola, pela Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT câmpus de Rondonópolis em julho de 2012. Durante a graduação, desenvolveu projetos de iniciação científica, além de estágios em instituições de pesquisa e empresas. Também participou na organização de eventos e na execução e apresentação de trabalhos científicos e resumos. Em 2009, realizou intercâmbio durante 8 meses em Minnesota – EUA, na University of Minnesota, pelo programa Mast International. No ano de 2012 iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, pela Universidade Federal de Mato Grosso câmpus de Rondonópolis, Mato Grosso, desenvolvendo pesquisas e estudos sobre sistemas de semeadura e preparo do solo para a cultura da soja no estado do Mato Grosso. Em agosto de 2014 iniciou o curso de Doutorado no programa de pós graduação em Agronomia (Área de concentração Ciência do Solo), pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, desenvolvendo suas pesquisas e estudos no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA), localizado no Departamento de Engenharia Rural da mesma Universidade, com a realização de vários projetos; artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais; organizações de eventos; bancas e orientações de trabalhos de conclusão de curso; participou da comissão julgadora do prêmio GERDAU Melhores da Terra (2016). Em Julho de 2017, submeteu-se à banca examinadora para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar.  
Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”*

Madre Teresa de Calcuta

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse  
feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”*

Marthin Luther King

**DEDICO**

A Deus, pelas oportunidades que tem me proporcionado.

Aos meus pais Laudelino Coelho Ormonde e

Silvandete Ferreira de Santana Ormonde.

As minhas irmãs Isis Karine e Lyvia Suellen.

Aos meus tios, primos e amigos.

Pelo incentivo e apoio, dedicação, confiança, paciência

e acima de tudo pelo amor que vocês me deram em todos os momentos,

à quem devo tudo que sou hoje.

Obrigado, amo vocês.

*“Cada pessoa que passa em nossa vida, passa sozinha, é porque cada pessoa é única e nenhuma substitui a outra! Cada pessoa que passa em nossa vida passa sozinha e não nos deixa só, porque deixa um pouco de si e leva um pouquinho de nós. Essa é a mais bela responsabilidade da vida e a prova de que as pessoas não se encontram por acaso.”*

Charles Chaplin

À todas as pessoas que contribuíram com minha caminhada até aqui.

**OFEREÇO**



## AGRADECIMENTOS

À Deus minha vida, por me iluminar e me conduzir até esse momento com força e sabedoria para enfrentar todas as dificuldades.

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani, a oportunidade de tê-lo como orientador, pela valiosa orientação, autêntica demonstração de profissionalismo, amizade, confiança, companheirismo e pela enorme paciência na minha orientação. Tenho muito orgulho de citá-lo como um dos responsáveis pela minha formação, pela pessoal e profissional.

Ao Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva, pela total disposição em todos os momentos precisados, pela amizade, confiança e companheirismo. Por ser um exemplo de bondade, caráter e sensibilidade com o ser humano

A Prof. Dr. Cristiano Zerbato, ao Prof. Dr. Gustavo Moro, ao Prof. Dr. Murilo Aparecido Voltarelli, e ao Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva, pelos ensinamentos, atenção e pela imensa participação na defesa e qualificação desse projeto.

A todos os professores pela amizade, dedicação e contribuição a minha formação acadêmica.

Aos meus companheiros de república Toca Fogo, Adão Felipe, Edgard Henrique, Everton Carvalho, Lucas Hordones, Renato Soares, Clebson Massara, Stefany Souza, Larissa Nogueira, Taynara Valeriano pela ótima convivência e momentos de alegria vividos juntos que foram muito importante nessa caminhada.

Aos amigos do LAMMA que me ajudaram diretamente no andamento do experimento Elizabeth Kazama, Adão Felipe, Aline Spaggiari, Lucas Girio, Patricia Menezes, Franciele Morlin, Mailson Freire, Rafael Noronha, Tiago Tavares, Felipe Santinato, Carla Paixão, André Damasceno, Matheus Borba, Bruno Rocca, Lígia Negri, Renata Queiroz, Luan Oliveira, Leonardo Bernache, Nivanda Lima, Edcarla Nicolau, Rafael De Graff, Danilo Tedesco, Marco Antonio, Rafael Bertonhapela atenção, amizade e auxílio prestado.

Aos amigos, Hygor Cerqueira, Thaísa Moretti, Núbia Leite, Nerisa Arthman, Pedro Henrique Bezerra, Fernando Bispo, Crystian Pereira, Lohan Valadares, Juno Diniz, Lucas Rodrigues, Vinicius de Oliveira pela companhia e amizade, mesmo quando a distância foi obstáculo para o convívio.

Ao Departamento de Engenharia Rural da FCAV, aos professores e funcionários, Davi Trevizolli, Marquinhos que de alguma forma colaboraram com minha formação e realização deste trabalho. Aos assistentes do LAMMA –Sebastião Filho (Tião) e Valdecir Aparício (Maranhão).

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo) e ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão de bolsa.

Enfim, agradeço a todos me ajudaram a ser hoje uma pessoa melhor em todos os aspectos e aqueles que neste momento imerecidamente não foram lembrados, porém jamais esquecidos.

Deus os abençoe

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	xv
ABSTRACT .....	xvi
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
INTRODUÇÃO .....	1
REVISÃO DE LITERATURA .....	3
A cultura do milho.....	3
Influência da velocidade na semeadura .....	3
Controle estatístico do processo .....	5
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	6
CAPÍTULO 2 .....	10
QUALIDADE DA SEMEADURA DO MILHO EM FUNÇÃO DOS DOSADORES DE SEMENTES E DAS VELOCIDADES DE TRABALHO .....	10
RESUMO.....	10
ABSTRACT .....	10
INTRODUÇÃO .....	11
MATERIAL E MÉTODOS.....	12
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
CONCLUSÕES .....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26
CAPÍTULO 3 .....	14
MECANISMOS DOSADORES DE SEMENTES E VELOCIDADES DE SEMEADURA DE MILHO .....	30
RESUMO.....	30
ABSTRACT .....	31
INTRODUÇÃO .....	32
MATERIAL E MÉTODOS.....	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36

	xi
CONCLUSÕES .....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41
CAPÍTULO 4 .....	50
MOBILIZAÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE SEMEADURA.....	50
RESUMO.....	50
ABSTRACT .....	50
INTRODUÇÃO .....	51
MATERIAL E MÉTODOS .....	53
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
CONCLUSÕES .....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68

**LISTA DE TABELAS E EQUAÇÕES**

Página

<b>Tabela 1:</b> Análise do solo da área experimental.....	14
<b>Tabela 2-</b> Estatística descritiva para os indicadores de qualidade de semeadura em função de dosadores e velocidades de deslocamento diferentes .....	18
<b>Tabela 3.</b> População inicial e final, profundidade de sementes, espaçamentos normal, .....	46
<b>Equação 1.</b> Modelos de regressão ajustados.....	58

## LISTA DE FIGURAS

Página

<b>Figura 1:</b> Temperaturas médias (máximas e mínimas), umidade relativa (%) e precipitação (mm) do período de janeiro à maio de 2015. ....	13
<b>Figura 2:</b> mecanismo dosador de sementes de poliacetal (A), mecanismo dosador de alumínio (B). ....	15
<b>Figura 3.</b> Cartas de controle de valores individuais para profundidade de semeadura do milho para quatro dosadores de sementes nas velocidades (A) $V1=7,0$ km $h^{-1}$ e (B) $V2=11,5$ km $h^{-1}$ . LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. $\bar{X}$ : média aritmética. ....	20
<b>Figura 4.</b> Cartas de controle de valores individuais para % de espaçamentos normais do milho para quatro dosadores de sementes nas velocidades (A) $V1=7,0$ km $h^{-1}$ e (B) $V2=11,5$ km $h^{-1}$ . LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. $\bar{X}$ : média aritmética. ....	21
<b>Figura 5.</b> Cartas de controle de valores individuais para população de plantas de milho para quatro dosadores de sementes nas velocidades (A) $V1=7,0$ km $h^{-1}$ e (B) $V2=11,5$ km $h^{-1}$ . LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. $\bar{X}$ : média aritmética. ....	23
<b>Figura 6.</b> Cartas de controle de valores individuais para produtividade do milho para quatro dosadores de sementes nas velocidades (A) $V1=7,0$ km $h^{-1}$ e (B) $V2=11,5$ km $h^{-1}$ . LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. $\bar{X}$ : média. ....	25
<b>Figura 7.</b> População inicial em função das velocidades. ....	47
<b>Figura 8.</b> População final em função das velocidades. ....	47
<b>Figura 9.</b> Profundidade de sementes em função das velocidades. ....	48
<b>Figura 10.</b> Espaçamentos normais dosador A e B em função das velocidades. ....	48
<b>Figura 11.</b> Espaçamentos falhos dosador A e B em função das velocidades. ....	49
<b>Figura 12.</b> Espaçamentos duplos dosador A e B em função das velocidades. ....	49
<b>Figura 13.</b> Composição do ângulo do sulco. ....	56

<b>Figura 14.</b> Área mobilizada (AM); Ângulo do sulco (AS); Profundidade do sulco (Prof) e Largura do sulco (Larg) em função das velocidades. ....	57
<b>Figura 15.</b> Dias de emergência em função das velocidades. ....	60
<b>Figura 16.</b> População inicial de planta em função das velocidades. ....	61
<b>Figura 17.</b> População final de plantas em função das velocidades. ....	62
<b>Figura 18.</b> Produtividade do milho em função das velocidades. ....	63

## **SEMEADURA DE MILHO: MECANISMOS DOSADORES E ÂNGULOS DE ABERTURA DE SULCOS EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE**

**RESUMO** - As operações agrícolas realizadas de maneira adequada conseguem elevar as produtividades e conseqüentemente os lucros de uma propriedade. Entre essas operações a semeadura deve receber alto grau de importância, por se tratar da etapa em que se lançam mão dos insumos mais caros da produção, as sementes e o adubo. As semeadoras-adubadoras devem realizar o corte da palhada para a abertura do sulco de semeadura e a deposição das sementes em espaçamentos pré-determinados e a sobreposição correta dessas sementes com solo. Nesse sentido foram realizados três estudos o primeiro com o intuito de avaliar o comportamento dos mecanismos dosadores em função das velocidades de deslocamento por meio do controle estatístico do processo. O segundo, os mecanismos dosadores que se destacaram pela avaliação da qualidade do processo foram avaliados seu comportamento pelo teste de regressão, Já o terceiro buscou-se avaliar o comportamento do mecanismo de abertura do sulco influenciado pelas velocidades analisadas. No primeiro foi possível observar a menor velocidade de trabalho apresentou melhor qualidade, ou seja, menor variabilidade dos indicadores de qualidade monitorados. Para o segundo estudo constatou-se que interação dosador B com as velocidades V1, V2 e V3 apresentaram as maiores populações de plantas e porcentagens de espaçamentos normais, as velocidade superiores influenciaram de maneira significativa esses parâmetros. No terceiro, a velocidade intermediária (9,1 km h<sup>-1</sup>) apresentou maior área mobilizada e profundidade de sulco, assim, como também o menor ângulo de sulco, porém, a velocidade de 6,5 km h<sup>-1</sup> apresentou maior população de plantas e maior produtividade. Por fim é possível concluir que tanto o mecanismo de abertura do sulco como o dosador de sementes são influenciados pela velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora.

**PALAVRAS-CHAVE:** Área mobilizada, características agronômicas, controle estatístico do processo.

## **CORN SOWING: METERING MECHANISMS AND OPENING ANGLES OF FURROW AT SPEED FUNCTION**

**ABSTRACT** - The operations performed of adequate way can raise yield and consequently the profits of a property. Among these operations sowing should receive a high degree of importance, because it is the stage in which the are used most expensive inputs of the production, seeds and fertilizer. Seeders should perform cutting of the straw to the opening of the sowing groove and the deposition of the seeds at predetermined spacings and the correct overlap of these seeds with soil. In this sense, three studies were carried out in order to evaluate the behavior of the metering mechanisms in function of the displacement speed through the statistical control of the process. The second, the metering mechanisms that highlighted by the evaluation of the quality of the process were evaluated its behavior by the regression test. While the third one sought to evaluate the behavior of the opening mechanism of the groove influenced by the speeds analyzed. In the first one it was possible to observe the lower speed of work presented better quality, that is, lower variability of the quality indicators monitored. For the second study, it was found that the interaction between the doser B and the speeds V1, V2 and V3 showed the highest plant populations and normal spacing percentages, the higher velocities had a significant influence on these parameters. In the third, intermediate speed ( $9.1 \text{ km h}^{-1}$ ), showed a greater mobilized area and furrow depth, as well as a smaller furrow angle. However, the speed of  $6.5 \text{ km h}^{-1}$  presented a larger plant population and productivity. Finally, it is possible to conclude that both the furrow opening mechanism and the seed metering mechanism are influenced by the speed of movement of the tractor-seeder set.

**KEYWORDS:** Mobilized area, agronomic characteristics, statistical process control.



## CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

### INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays L.*) é um dos cereais mais importantes cultivados no mundo, apresentando alta qualidade nutritiva sendo cultivado há muitos séculos. O milho está entre as *commodities* de alta importância na produção agrícola do Brasil, fornecendo produtos para a alimentação humana, animal e matéria-prima para as indústrias.

O cultivo de milho aumentou significativamente a partir dos anos 90, principalmente devido à possibilidade de produção em duas safras por ano com boas produtividades, assim como pela alta disponibilidade e diversidade de máquinas e implementos agrícolas que têm proporcionado condições ideais para que seja realizada a semeadura dentro de estreito espaço de tempo.

A utilização de máquinas e equipamentos tem como objetivo melhorar a capacidade operacional, facilitar o trabalho do homem, melhorando assim a eficiência produtiva. Aliado a isso existe a necessidade do entendimento de todas as etapas realizadas nas propriedades, entre todas as etapas o entendimento do processo de semeadura se torna necessário para se obter altas produtividades.

O processo de semeadura ocorre após o preparo do solo no sistema convencional de manejo ou no caso dos manejos conservacionistas como manejo localizado apenas nas linhas em que serão acondicionadas as sementes. É um processo de extrema importância pelo fato de se tratar do manejo dos insumos mais caros durante a implantação de uma cultura (sementes e fertilizantes).

As semeadoras-adubadoras executam trabalho complexo passando desde o corte da palhada para a posterior abertura do sulco de semeadura, à profundidade adequada para facilitar a germinação das sementes e emergência das plântulas, até a deposição das sementes em espaçamentos pré-determinados e a cobertura correta dessas sementes com solo.

A semeadura quando mal realizada pode ocasionar baixa produtividade e, conseqüentemente, baixo lucro ao produtor, pelo fato de afetar a distribuição

uniforme das plantas, que é de fundamental importância para o bom desempenho da cultura.

A intensificação do uso da mecanização na agricultura vem exigindo novos investimentos em máquinas com maior potência e tecnologia incorporada para atender às demandas das atividades agrícolas, com base nisso o mercado de semeadoras-adubadoras aumenta a exigência por maquinários com melhor eficiência buscando a redução dos custos operacionais e a melhoria da qualidade do processo de semeadura.

As propriedades agrícolas necessitam conhecer bem o produto que estão adquirindo para ter a certeza de que será a melhor opção, e até mesmo para realizar as configurações essenciais para o melhor desempenho de suas máquinas.

A agricultura moderna apresenta conceito de gerenciamento e ferramentas, cujas informações adquiridas permitem, aos produtores, obter maior eficiência operacional com intuito de reduzir os custos de produção, aumento de produtividade e uso de ferramentas que gerem informações e apoiem a tomada de decisões.

Com base no exposto, é preciso sempre avaliar o desempenho das semeadoras-adubadoras utilizadas no sistema de produção do milho, os quais são ferramentas indispensáveis aos produtores que buscam sucesso na produtividade. Desta maneira, o objetivo foi avaliar a qualidade de semeadura do milho com semeadora-adubadora pneumática, em função de diferentes mecanismos dosadores de sementes e seu comportamento em diferentes velocidades de deslocamento, com auxílio do controle estatístico do processo, como apresentado no capítulo 2.

No capítulo 3 após a verificação do desempenho dos dosadores pelo processo de qualidade, com os dosadores com melhor desempenho realizou-se a avaliação quantitativa dos mesmos dentro das velocidades analisadas.

Avaliou-se também o desempenho dos mecanismos sulcadores em diferentes velocidades de deslocamento, com o intuito de verificar qual velocidade que proporcionou a abertura de sulco que obteve melhor desempenho para a cultura.

No capítulo 5, com base nos resultados obtidos, foram apresentadas as considerações finais.

## REVISÃO DE LITERATURA

### A cultura do milho

De acordo com Bottega, et al., (2014) existe na agricultura moderna a necessidade de se produzir cada vez mais alimentos, minimizar custos operacionais e reduzir a movimentação do solo. A cultura do milho devido ao seu alto valor nutricional e utilização tanto na alimentação humana e animal tem grande destaque econômico, inserindo-se como boa opção para rotação de culturas no sistema plantio direto.

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta monocotiledônea, herbácea, pertencente à família Gramineae/Poaceae (MAGALHÃES et al., 2002). Devido a essa importância mundial, o milho é uma das espécies vegetais mais estudadas. Constantemente, programas de melhoramento estão buscando obter variedades mais produtivas e economicamente rentáveis e muitos esforços vêm sendo realizados para entender sobre a sua origem e evolução (EMBRAPA, 2008).

O Brasil ocupa o posto de terceiro maior produtor mundial de milho, os maiores produtores são Estados Unidos e China 384 e 219 milhões de toneladas respectivamente, de acordo com USDA (2017). No cenário nacional a produção estimada para o milho safra e safrinha é de 92,83 milhões de toneladas para a safra 2016/2017, tendo lugar de destaque na balança comercial brasileira, estando atrás em produção apenas da soja que é o grão mais produzido no país, com produção estimada de 113 milhões de toneladas para esta mesma safra (CONAB, 2017).

Apesar da grande importância da cultura para o país, ainda são observadas produtividades relativamente baixas (ANDREOLI et al., 2002). Entre as principais causas são a presença de plantas daninhas, densidade de plantas, adubação inadequada e desempenho irregular do conjunto trator-semeadora.

### Influência da velocidade na semeadura

A velocidade de semeadura é um dos principais fatores que interfere na qualidade e capacidade operacional, devido á isso as semeadoras-adubadoras vêm se adequando no intuito de melhorar a eficiência na distribuição longitudinal de sementes e distribuição de adubo em velocidades superiores às usuais. A

adequação do conjunto mecanizado no processo de semeadura é de extrema importância e necessita de maior eficiência a fim de evitar perdas de sementes e insumos (ALMEIDA et al., 2010).

A excelência operacional no processo de semeadura mecanizada contribui para o sucesso do sistema produtivo (MACEDO et al., 2016) auxiliado pela adequação do conjunto mecanizado às condições edafoclimáticas, possibilitando melhor cobertura vegetal da superfície do solo (FURLANI et al., 2008).

A adequação do conjunto trator-semeadora é importante devido a variabilidade regional existente nos solos por apresentar instabilidade na profundidade de sementes ocasionado pela variação de resistência mecânica do solo à penetração comprometendo a emergência de plântulas (RODRIGUES et al., 2011).

Entre as adequações a serem realizadas nas semeadoras, Santos et al. (2010) atribui sucesso do estande final no processo de semeadura mecanizada à flexibilidade de profundidade de trabalho e não limitação de uma única configuração dos mecanismos de corte do solo.

Sendo assim a eficiência dos parâmetros de dinâmica de mobilização do solo devem ser avaliados no processo de semeadura, afim de caracterizar o preparo de solo por meio de hastes escarificadoras (CARVALHO FILHO et al., 2008).

Entre os parâmetros que afetam a qualidade da semeadura, a velocidade de deslocamento do conjunto trator semeadora-adubadora proporciona maior rotação do disco dosador de sementes, influenciando no sistema de distribuição. No caso de discos horizontais, por meio do alojamento correto das sementes nos alvéolos, dependente facilitado pela fluidez da semente no reservatório (SOUZA JUNIOR; CUNHA, 2012).

Velocidades de semeadura elevadas são cada vez mais utilizadas, visando a aumentar a capacidade operacional dos conjuntos mecanizados, fato que pode comprometer a qualidade do processo, comprometendo o estabelecimento e por consequência a produtividade das culturas (IVANČAN et al., 2004).

Sabendo-se que a produtividade do milho é dependente de população final adequada e da uniformidade de distribuição de sementes (FURLANI et al., 2010), a elevação da capacidade operacional propiciada pelo uso de velocidades de

deslocamento mais elevadas pode comprometer a qualidade da semeadura (GARCIA et al., 2006; FURLANI et al., 2010).

Sendo assim a adequação da velocidade do conjunto trator semeadora-adubadora pode caracterizar a uniformidade de distribuição de sementes (TROGELLO et al., 2013b), assim como a população final de plantas, por meio da abertura e fechamento do sulco e profundidade de deposição de sementes (TROGELLO et al., 2013a).

Santos et al. (2016) obtiveram melhor qualidade de distribuição de sementes na semeadura, quando utilizando haste sulcadora na velocidade de 6,3 km h<sup>-1</sup> e menor consumo específico utilizando o disco duplo na velocidade de 4,7 km h<sup>-1</sup>. Semelhante aos resultados encontrados por Macedo et al. (2016), que trabalhando com desempenho de conjunto trator semeadora-adubadora em diferentes velocidades 4,8 e 6,8 km h<sup>-1</sup> de deslocamento encontraram melhor qualidade de semeadura na velocidade de 4,8 km h<sup>-1</sup> caracterizado pelo alto número de espaçamentos normais das sementes possibilitando maior população de plantas finais.

O aumento da velocidade do conjunto trator semeadora causou diminuição na força de tração, aumento na capacidade de campo operacional e potência na barra de tração (FURLANI et al., 2005), além da diminuição do consumo específico de combustível (CORTEZ et al., 2008; SILVEIRA et al., 2013). Porém não acarreta em menor qualidade no processo de semeadura.

### **Controle estatístico do processo**

Uma ferramenta que pode auxiliar processos agrícolas é o controle de qualidade que tem a função de detectar variações ou oscilações indesejáveis durante a execução de determinada operação, com base em indicadores pré-selecionados ou confrontando-os a padrões especificados, com a finalidade de inibir a ocorrência de falhas, evitando gastos desnecessários com ações corretivas (MILAN & FERNANDES, 2002; SILVA et al., 2013).

O uso do controle estatístico de processo nas operações agrícolas pode vir a ser fundamental. Isso decorre do fato de que se pode mostrar uma visão de como o processo está ocorrendo por meio do monitoramento ao longo do tempo, indicando

eventuais falhas para possíveis melhorias do processo, com o objetivo de aumentar a qualidade destas operações (VOLTARELLI et al., 2015).

As semeadoras-adubadoras desempenham papel fundamental na agricultura, com elas são criadas as condições para que a semeadura do milho seja feita de maneira mais rápida e precisa, já que o sucesso da cultura está relacionado com sua correta implantação (SIQUEIRA et al.,2012).

Quando se pesquisam diferentes mecanismos de distribuição de sementes em diferentes condições técnicas, operacionais e ambientais, supõe-se que a quantificação da média da distância ou a distância média entre as plantas, é importante; entretanto, a distância média não é suficiente para avaliar a qualidade final da instalação da semeadura e, neste sentido, a quantificação da variabilidade espacial e a formação de falhas e de plantas duplicadas no sulco de semeadura, também é imprescindível (STORCK et al., 2015). Destacando a importância da aplicação de outros testes, tais como, a avaliação do processo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ANDREOLI, C.; ANDRADE, R. V.; ZAMORA, S. A.; GORDON, M. Influência da germinação da semente e da densidade de semeadura no estabelecimento do estande e na produtividade de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 2, p. 1-5, 2002.

BOTTEGA, E. L.; ROSOLEM, D. H.; DE OLIVEIRA NETO, A. M.; VON LINSINGEN PIAZZETTA, H.; GUERRA, N. Qualidade da semeadura do milho em função do sistema dosador de sementes e velocidades de operação. **Global Science And Technology**, V. 7, n. 1, 2014.

CARVALHO FILHO, A.; BONACIM, J. L. G.; CORTEZ, J. W.; CARVALHO, L. C. C. Mobilização de um Latossolo Vermelho acriférrico em função do sistema de preparo do solo. **Bioscience Journal**,v.24, p.1-7, 2008.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: 2016/2017, maio 2017. – Brasília: Conab, 2017.

CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C. Efeito residual do preparo do solo e velocidade de deslocamento na operação de semeadura da crotalaria juncea. **Scientia Agraria**, v.9, p.357-362, 2008. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v9i3.11518>

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do milho**, 2008. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/index.htm>. Acessado em: 01 agosto 2015.

FURLANI, C.E.A.; JÚNIOR, A.P.; CORTEZ, J.W.; SILVA, R.P.E.; GROTTA, D.C.C. Influência do manejo da cobertura vegetal e da velocidade de semeadura no estabelecimento da soja (*Glycine max*). **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.18, n.3, p.227-233, 2010.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P. Avaliação de semeadora adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo. **Engenharia Agrícola**, v.25, p.458-464, 2005.<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162005000200019>

FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; CARVALHO FILHO, A.; CORTEZ, J. W.; GROTTA, D. C. C. Semeadora-adubadora: Exigências em função do preparo do solo, da pressão de inflação do pneu e da velocidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.345-352, 2008.<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000100032>

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

IVANČAN, S., SITO, S., & FABIJANIĆ, G. Effect of precision on the intra-row seed distribution for parsley drill operating speed. *Biosystems Engineering*, v.89, n.3, p.373-376, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.07.007>>. Acesso em: 27 nov. 2012.

MACEDO, D.X.; NICOLAU, F.E.D.A.; DO NASCIMENTO, H.C.; COSTA, E.; CHIODEROLI, C.A.; LOUREIRO, D.R. Operational performance of a tractor-seeder according to the velocity and working depth. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20 n. 3, p. 280-285, 2016.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. Fisiologia do milho. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS, 2002. 23 p. (Circular Técnica, 22).

MATA, J.F.; PEREIRA, J.C.S.; CHAGAS, J.F.R.; VIEIRA, L.M. Germinação e emergência de milho híbrido sob doses de esterco bovino. *Amazônia - Ciência & Desenvolvimento*, Belém, v.6, n.12, jan./jul. 2011.

MILAN, M.; FERNANDES, R.A.T. Quality of tillage operations by statistical process control. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.2, p.261-266, 2002.

RODRIGUES, J. G. L.; GAMERO, C. A.; NASCIMENTO, F. M.; FERNANDES, J. C. Demanda energética de máquinas agrícolas na implantação da cultura de sorgo forrageiro. **Energia na Agricultura**, v.26, p.65-72, 2011. <http://dx.doi.org/10.17224/energagric.2011v26n1p65-76>

SANTOS, A. J. M.; GAMERO, C. A.; BACKES, C.; SALOMÃO, L. C.; BICUDO, S. J. Desempenho de discos de corte de semeadora-adubadora em diferentes quantidades de cobertura vegetal. **Energia na Agricultura**, v.25, p.17-30, 2010. <http://dx.doi.org/10.17224/energagric.2010v25n4p17-30>

SANTOS, V. C.; SANTOS, P. R. A.; LIMA, I. O.; PEREIRA, V. R. F.; GONÇALVES, F. R. F.; CHIODEROLI, C. A. Performance of a seeder according to the displacement velocity and furrowing mechanism for fertilizer deposition. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 3, p.286-291, 2016.

SIQUEIRA R. MILHO: Semeadoras - adubadoras para sistema plantio direto com qualidade. **IX Seminário Nacional de Milho Safrinha** (Dourados- MS, novembro de 2007) e no XXVII Congresso Nacional de Milho e Sorgo (Londrina-PR, setembro de 2008). 2012.



SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; VOLTARELLI, M. A.; COMPAGNON, A. M.; FURLANI, C. E. A. Qualidade da colheita mecanizada de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em dois sistemas de preparo do solo. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p.61-69, 2013.

SILVEIRA, J. C. M.; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; SILVA, S. L.; TROGELLO, E. Demanda energética de uma semeadora-adubadora em diferentes velocidades de deslocamento e rotações do motor. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p.44-52, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000100006>

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

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

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; SCASI, M.; SILVA, L. C.; ADAMI, P. F.; DALLACORT, R. Manejos de cobertura vegetal e velocidades de operação em condições de semeadura e produtividade de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.796-802, 2013a.

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; SCASI, M.; DALLACORT, R. Manejos de cobertura, mecanismos sulcadores e velocidades de operação sobre a semeadura direta da cultura do milho. **Bragantia**, v.72, p.101- 109, 2013b. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052013005000016>

USDA. 2016. United States Department Of Agriculture. World agricultural production. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 28 de março, 2017.

VOLTARELLI, M. A.; DA SILVA, R. P.; ZERBATO, C.; SILVA, V. F. A.; PAIXÃO, C. S. S. Monitoramento das perdas no processo de colheita mecanizada de tomate industrial. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 23, n. 4, p. 315-325, 2015.

## CAPÍTULO 2

### QUALIDADE DA SEMEADURA DO MILHO EM FUNÇÃO DOS DOSADORES DE SEMENTES E DAS VELOCIDADES DE TRABALHO

#### RESUMO

O processo de semeadura adequado exige plântulas corretamente espaçadas entre si, aliadas à correta profundidade das mesmas para se obter estande apropriado e uniforme. Neste sentido, objetivou-se avaliar a qualidade da semeadura do milho em função dos dosadores de sementes e das velocidades de trabalho. O delineamento estatístico utilizado foi baseado na metodologia do controle estatístico de qualidade, sendo coletados 10 repetições para quatro dosadores avaliados, totalizando 40 amostras, para cada velocidade de trabalho. Foram avaliados os parâmetros: profundidade de semeadura; distribuição longitudinal de plântulas; população inicial e final de plantas e produtividade de grãos. O Dosador C apresentou melhor qualidade em relação aos demais e a maior porcentagem de espaçamentos normais foi encontrada na menor velocidade. A maior porcentagem de espaçamentos normais ocorreu na menor velocidade para os dois dosadores.

**Palavras-chave:** Características agronômicas; distribuição longitudinal; controle estatístico do processo, dosador pneumático.

### QUALITY OF CORN SOWING IN FUNCTION OF SEEDS METERING MECHANISMS AND WORKING SPEEDS

#### ABSTRACT

The appropriate sowing process requires correctly spaced seedlings, together with the correct depth of the seedlings, in order to obtain an appropriate and uniform stand. In this sense, the objective was to evaluate the quality of maize sowing as a function of seed dosage and working speeds. The statistical design used was based on the methodology of statistical quality control, and 10 replicates were collected for four dosers evaluated, totaling 40 samples, for each work speed. The following

parameters were evaluated: sowing depth; longitudinal distribution of seedlings; Initial and final plant population and grain yield. The doser B presented better quality in relation to the others and the highest percentage of normal spacings was found at the lowest speed. The highest percentage of normal spacings occurred at the lowest speed for the two metering mechanism.

**Keywords:** Agronomic characters, longitudinal distribution, statistical process control, pneumatic meter

## INTRODUÇÃO

A cultura do milho devido ao seu alto valor nutricional e utilização tanto na alimentação humana e animal tem grande destaque econômico, inserindo-se como boa opção para a implantação (rotação) de culturas no sistema plantio direto (BOTTEGA, et al. 2014).

Para isso, a utilização de máquinas e equipamentos tem como objetivo melhorar a capacidade operacional, facilitar o trabalho do homem, melhorando assim a eficiência produtiva. Com a adoção do sistema plantio direto na maioria das propriedades agrícolas, verificou-se a dificuldade de se obter semeadoras-adubadoras que atendam as condições desse sistema de manejo (TROGELLO et al., 2014).

O processo de semeadura busca a adequada distribuição longitudinal das sementes no solo, aliada à correta profundidade de deposição das mesmas para se obter estande correto e uniforme (ALMEIDA et al., 2010). É uma das etapas que exigem perfeição em sua execução, pois pode comprometer a rentabilidade da atividade agrícola (ROS et al., 2011).

Dentre as condições necessárias para a semeadura, se destaca o mecanismo dosador de sementes, que precisa realizar uma distribuição mais regular possível, conseguir fazer a distribuição seja qual for a velocidade de deslocamento e as condições edafoclimáticas. O efeito negativo da velocidade de deslocamento no desempenho da semeadora em relação a distribuição de plântulas fato esse que foi

observado tanto na cultura do algodão como na do milho (YAZGI e DEGIRMENCIOGLU, 2014).

Neste sentido, o controle estatístico do processo tem se mostrado uma boa alternativa para avaliação de processos envolvendo operações agrícolas mecanizadas. Isso decorre do fato de que se pode demonstrar uma visão de como o processo está ocorrendo por meio do monitoramento ao longo do tempo, indicando eventuais falhas para possíveis melhorias do processo, com o objetivo de aumentar a qualidade destas operações (VOLTARELLI et al., 2015).

Alguns autores têm feito uso do controle estatístico de processo em operações agrícolas mecanizadas, utilizando as variáveis avaliadas como indicadores de qualidade, para identificar causas não aleatórias ou causas especiais decorrentes da instabilidade ou variabilidade do processo (COMPAGNON et al., 2013; TOLEDO et al., 2013; CASSIA et al., 2013; CHIODEROLI et al., 2012; NORONHA et al., 2011; REIS et al., 2010).

Portanto, pressupondo-se que diferentes velocidades de trabalho podem aumentar a variabilidade da distribuição de sementes dos mecanismos dosadores na qualidade da semeadura de milho, objetivou-se avaliar a qualidade da semeadura do milho em função dos dosadores de sementes e velocidades de trabalho, por meio do controle estatístico de processo.

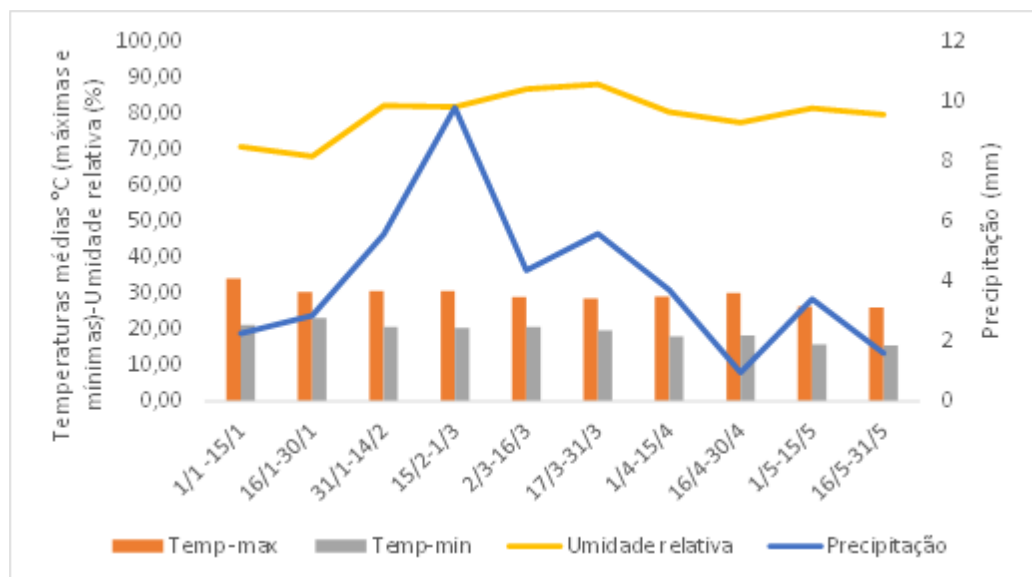
## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, Unesp/Câmpus de Jaboticabal, no estado de São Paulo, localizada próximo das coordenadas geodésicas 21°14' S e 48°16' W, com altitude média de 568 m e declividade média de 4%. Clima Aw (subtropical), de acordo com a classificação de Köppen adaptado por Alvares et al. (2013).

Foram realizadas dez amostragens do solo para cada área experimental (0 - 0,20 m) para determinação da granulometria e classe textural (EMBRAPA, 1997). Os resultados da análise granulométrica do solo apresentaram 48% de argila, 23% de areia e 29% de silte. O solo da área foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO

Eutroférico típico, A moderado, textura argilosa e relevo suave ondulado (ANDRIOLI e CENTURION, 1999)

Durante o período avaliado (dezembro/2014 a abril/2015) ocorreu precipitação total de 567 mm. As chuvas ficaram mais concentradas na primeira quinzena de fevereiro com cerca de 158 mm, assim como também no mês de março com cerca de 118mm. A temperatura máxima média no período foi de 29,3°C, oscilando entre 25,9°C e 33,9°C e a temperatura mínima média foi de 19,2°C, oscilando entre 15,5°C e 23,0°C. A umidade relativa média foi 79,4%, oscilando entre 67,8 e 87,7% (dados coletados na estação meteorológica da UNESP campus de Jaboticabal) (Figura 1).



**Figura 1:** Temperaturas médias (máximas e mínimas), umidade relativa (%) e precipitação (mm) do período de janeiro à maio de 2015.

A cultura do milho (*Zea mays* L.) foi implantada em área com 16 anos sob sistema plantio direto utilizando-se o híbrido simples 30F35YH. Realizou-se adubação mineral no sulco de semeadura, com 350 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula comercial 08-28-16 (N-P-K). No estágio V4 da cultura foi realizada a adubação de cobertura com 120 kg de KCl ha<sup>-1</sup> e 300 kg de Uréia ha<sup>-1</sup>. Todas as adubações foram realizadas conforme análise de solo da área.

**Tabela 1:** Análise do solo da área experimental.

Profundidade (m)	Argila	Silte	Areia		Classe Textural					
			Fina	Grossa						
	(g kg <sup>-1</sup> )				Argiloso					
0-0,2	481	291	116	112						
	pH	M.O	P. resina	K	CA	Mg	H+Al	SB	T	V
	(CaCl <sub>2</sub> )	(g dm <sup>-3</sup> )	(mg dm <sup>-3</sup> )		(mmol cdm <sup>-3</sup> )					(%)
0-0,2	5,7	32	53	3,9	59	30	25	93	118	79

\*M.O: matéria orgânica; SB: soma de bases; T: CTC; V: saturação por bases.

Foi utilizado o trator da Massey Ferguson modelo MF 7370 com potência de 125 kW (170 cv), na rotação de 2000 rpm, utilizado para tracionar um protótipo da semeadora adubadora da marca Jumil, modelo 3070 pneumática Exacta Air. Esta máquina atuou composta por quatro depósitos para a semente e com quatro mecanismos dosadores de sementes diferentes, resultando em quatro linhas semeadas no espaçamento de 0,90 m. Sendo equipada com sistema de controle de profundidade, composto por compressor de ar acionado eletricamente e por bolsas pneumáticas individuais em cada fileira de semeadura, as quais foram reguladas para trabalhar com pressão de 300 kPa.

A semeadora adubadora foi configurada com disco de corte liso de 17", mecanismo de abertura do sulco e deposição de adubo do tipo haste sulcadora, discos duplos desencontrados de 14" para abertura de sulcos para as sementes, respectivamente, rodas aterradoras-compactadoras duplas em "V".

Os dosadores possuíam acionamento pneumático, foram constituídos com discos de 28 furos (Figura 1 A e B). Dosador DA: tanto sua construção como os discos de sementes são de polímero poliacetal, esse distribuidor foi adaptado há uma linha de semeadura no chassi da semeadora, na qual foram realizados os testes, o sentido de rotação do disco de semente foi o sentido contrário ao deslocamento do conjunto trator-semeadora (anti-horário).

O dosador DB possui distribuidor de sementes de alumínio e discos de plástico comum, sentido de rotação do disco anti-horário e chassi mais robusto (maior massa) para semeadoras mais pesadas. Dosador DC, distribuidores de sementes de alumínio e discos de plástico comum, chassi para semeadoras mais pesadas, e difere dos outros dosadores no sentido de rotação do disco, que foi no mesmo sentido de rotação do conjunto trator-semeadora (horário). Dosador DD, chassi mais simples e leve, distribuidores de sementes de alumínio, discos de plásticos comum e sentido de rotação anti-horário.



**Figura 2:** mecanismo dosador de sementes de poliacetal (A), mecanismo dosador de alumínio (B).

O delineamento estatístico utilizado foi baseado na metodologia do controle de qualidade, na qual os tratamentos corresponderam a quatro sistemas dosadores de sementes denominados: DA, DB, DC e DD e duas velocidades de deslocamento ( $V_1=7,0 \text{ km h}^{-1}$  e  $V_2= 11,5 \text{ km h}^{-1}$ ) para semear milho em sistema plantio direto, velocidades essas mais utilizadas pelos agricultores.

Foram avaliados 10 pontos amostrais para cada dosador, em quatro repetições, totalizando 40 pontos amostrais por tratamento. Os pontos foram coletados na linha de semeadura de cada dosador, em parcelas de 7.5 m de largura

por 30 m de comprimento, delimitando-se uma área útil de 5 m para cada ponto, espaçados de dez metros.

Os indicadores de qualidade da semeadura mecanizada de milho foram:

- Profundidade de deposição de sementes de milho: realizada por meio do método da escavação manual, ou seja, os sulcos feitos durante o processo de semeadura foram abertos cuidadosamente com o auxílio de uma faca de forma a não mover a semente do local onde foram depositadas. Foi utilizada régua graduada em milímetros, medindo-se do centro da semente até a superfície do solo, sendo coletadas cinco sementes por parcela, realizadas apenas por um avaliador para melhor controle das condições experimentais, determinando-se assim a profundidade de sementes pela média das amostras da parcela.
- Distribuição longitudinal de plântulas: foram avaliados pela contagem do número de plântulas emergidas de acordo com Kurachi et al. (1989). As uniformidades foram analisadas, considerando-se as percentagens de espaçamentos: “duplos” (D), menores que 0,5 vez o espaçamento médio esperado ( $X_{ref.}$ ); “aceitáveis” (A), de 0,5 a 1,5 vez o espaçamento médio esperado ( $X_{ref.}$ ), e “falhos” (F) maiores que 1,5 vez o espaçamento médio esperado ( $X_{ref.}$ ). O espaçamento médio esperado foi de aproximadamente 0,23 m entre plantas.
- População de plantas: determinação do número de plantas de milho por parcela, levando em consideração a área útil de 10 m<sup>2</sup> durante a colheita, e os valores transformados para plantas ha<sup>-1</sup>. Sendo a população regulada para 45000 plantas por hectare em função da cultivar escolhida e da época de semeadura.
- Produtividade de grãos (PG): foi avaliada por meio da colheita manual da área útil de cada parcela (4,5 m<sup>2</sup>), com posterior trilha de grãos das espigas por trilhadora estacionária. Após a pesagem dos grãos os dados obtidos (gramas por parcela) foram transformados para kg ha<sup>-1</sup>, sendo esta produtividade corrigida para teor de água de 13%.

A demonstração geral do comportamento dos dados foi realizada a partir da análise estatística descritiva, calculando-se a medida de tendência central (média), duas medidas de dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação), duas medidas de assimetria (coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose) e teste de



normalidade de Ryan-Joyner conferindo maior rigidez á análise (NOIMAN et al, 2013).

Os resultados também foram avaliados por meio do controle estatístico de processo, utilizando-se as cartas de controle de valores individuais, que possuem linhas centrais (média geral), bem como, limites superior e inferior de controle estatístico, definidos como LSC e LIC, respectivamente, calculados com base no desvio-padrão das variáveis (para LSC, média mais três vezes o desvio-padrão, e para LIC, média menos três vezes o desvio, quando maior que zero) (MONTGOMERY, 2009).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os indicadores de qualidade: profundidade de sementes e porcentagem de espaçamentos normais, na velocidade de 7 km h<sup>-1</sup>, para os dosadores de sementes DB e DD, apresentam distribuição não normal do conjunto de dados, sendo comprovado pelo teste de Ryan-Joiner (Tabela 1).

O dosador DC apresentou as maiores médias em porcentagem de espaçamentos normais e população de plantas na velocidade de 7,0 km h<sup>-1</sup> e também maior produtividade em relação aos outros dosadores, porém essa maior produtividade foi encontrada na velocidade de 11,5 km h<sup>-1</sup>. Diversos fatores interferem no estabelecimento da população de plantas e na produtividade da cultura, sendo a velocidade de operação da máquina no campo, um deles. Este parâmetro pode influenciar, segundo diversos autores, na patinagem dos rodados, capacidade de campo, velocidade do mecanismo dosador, distância, profundidade e exposição de sementes; ocorrência de duplos; e danos mecânicos (GARCIA et al., 2011).

Os dosadores DA na V1 e DC tanto na V1 quanto na V2 para a variável produtividade apresentaram maiores valores do coeficiente de assimetria de -1,09; 1,54 e 1,09, respectivamente, da mesma forma o dosador DB na V2 e o DD na V1 com 1,02 e -2,22 respectivamente, em relação à porcentagem de espaçamento normal. Esse coeficiente serve para caracterizar como e quanto a distribuição de

frequência se afasta da simetria, indicando o afastamento da variável em relação a um valor central.

**Tabela 2-** Estatística descritiva para os indicadores de qualidade de semeadura em função de dosadores e velocidades de deslocamento diferentes

Dosadores	Velocidades		Variáveis	Média	$\sigma$	CV	Cs	Ck	RJ
	km h <sup>-1</sup>								
DA	7,0		Prof. Semente	3,75	1,001	19,15	0,04	2,93	0,99 <sup>N</sup>
	11,5		(cm)	3,495	1,093	31,28	-0,04	-1,09	0,99 <sup>N</sup>
	7,0		%Espaçamento	41,49	12,4	29,75	0,12	0,32	0,98 <sup>N</sup>
	11,5		normal	47,45	11,5	24,23	0,07	-0,77	0,98 <sup>N</sup>
	7,0		População de	41944	4186	9,98	0,46	-0,86	0,97 <sup>N</sup>
	11,5		plantas	42000	4020	9,57	0,84	-1,08	0,98 <sup>N</sup>
	7,0		Produtividade	6938	1329	19,15	0,57	0,98	0,95 <sup>N</sup>
	11,5		(kg ha <sup>-1</sup> )	7942	2363	29,75	-1,09	1,15	0,97 <sup>N</sup>
	7,0		Prof. Semente	7,25	0,678	20,44	0,42	2,12	0,96 <sup>A</sup>
	11,5		(cm)	6,88	1,07	30,72	-0,67	0,33	0,99 <sup>N</sup>
DB	7,0		%Espaçamento	65,69	15,44	23,5	-0,35	-0,38	0,96 <sup>A</sup>
	11,5		normal	55,17	13,43	24,34	-1,02	2,13	0,98 <sup>N</sup>
	7,0		População de	43889	3922	8,94	-0,75	1,44	0,98 <sup>N</sup>
	11,5		plantas ha <sup>-1</sup>	41667	3655	8,77	0,24	-0,89	0,99 <sup>N</sup>
	7,0		Produtividade	7346	1512	20,59	-0,02	0,2	0,99 <sup>N</sup>
	11,5		(kg ha <sup>-1</sup> )	7063	1544	21,86	0,69	-0,55	0,96 <sup>N</sup>
DC	7,0		Prof. Semente	3,31	0,678	20,44	0,42	-0,47	0,98 <sup>N</sup>
	11,5		(cm)	3,503	1,076	30,72	0,33	-0,67	0,99 <sup>N</sup>
	7,0		%Espaçamento	72,69	12,49	17,18	-0,28	-0,58	0,99 <sup>N</sup>
	11,5		normal	54,42	12,9	23,71	0,36	1,08	0,98 <sup>N</sup>
	7,0		População de	43944	3749	8,53	-0,5	-0,41	0,99 <sup>N</sup>
	11,5		plantas ha <sup>-1</sup>	42722	3431	8,03	0,22	-1,14	0,99 <sup>N</sup>
DD	7,0		Produtividade	7793	14,61	18,75	1,54	4,17	0,93 <sup>A</sup>
	11,5		(kg ha <sup>-1</sup> )	7979	1610	20,18	-1,09	1,6	0,95 <sup>N</sup>
	7,0		Prof. Semente	4,58	1,16	25,41	-0,4	-0,67	0,98 <sup>N</sup>
	11,5		(cm)	4,425	1,17	26,36	0,07	-0,35	0,99 <sup>N</sup>
	7,0		%Espaçamento	71,08	18,58	26,14	-2,28	6,9	0,87 <sup>A</sup>
	11,5		normal	59,38	12,89	21,71	-0,01	0	0,99 <sup>N</sup>
DD	7,0		População de	43611	3210	7,36	0,01	0,26	0,99 <sup>N</sup>
	11,5		plantas ha <sup>-1</sup>	41611	4666	11,21	-0,89	0,17	0,99 <sup>N</sup>
	7,0		Produtividade	7628	1238	16,23	0,38	-0,3	0,96 <sup>N</sup>
	11,5		(kg ha <sup>-1</sup> )	7882	2020	25,63	0,6	0,22	0,98 <sup>N</sup>

$\sigma$  – Desvio padrão; CV (%) – Coeficiente de variação; Cs – Coeficiente de assimetria; Ck- Coeficiente de curtose. DA, DB, DC,DD- diferentes dosadores. RJ: Teste de normalidade de Ryan Joyner (N: distribuição normal; A: distribuição não normal).

Santos et al. (2011) afirmam que o aumento da velocidade na operação de semeadura é um fator que interfere no estabelecimento de plantas, pois o aumento da velocidade influencia de forma negativa na porcentagem de espaçamentos aceitáveis e aumenta o número de falhas durante a semeadura.

Quanto ao coeficiente de curtose, os parâmetros avaliados em todos os tratamentos apresentaram valores maiores ou menores que zero, demonstrando que o comportamento da curva normal dos dados foi uma distribuição platicúrtica, para os coeficientes abaixo de zero e leptocúrtica para valores acima de zero.

As cartas de controle para a profundidade de sementes (Figura 3) em ambas as velocidades apresentaram processo estável sem a presença de pontos fora de controle. Para a V1 os dosadores DA e DC se destacaram com a menor variabilidade do processo e as menores médias de profundidade de semeadura em torno de 4 a 5 cm, essa menor variabilidade encontrada na profundidade de sementes demonstrou boa qualidade do processo de semeadura e padrão adequado de deposição de sementes, proporcionando assim rápida e uniforme germinação das mesmas, uma vez que os valores ficaram próximos ao valor regulado na semeadora (5 cm).

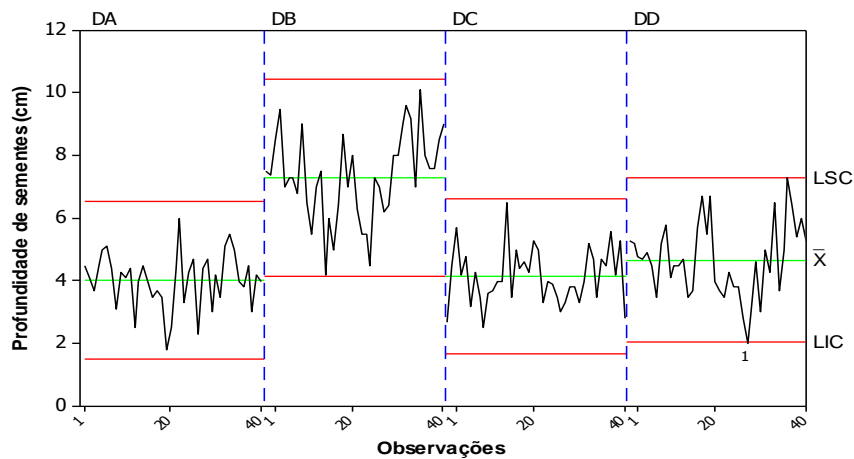
A semeadura de milho realizada entre 6 e 8 cm de profundidade proporciona maior velocidade de emergência e emergência total de plântulas, favorecidas pelo maior teor de água solo (SILVA et al., 2015). Entre os dosadores apenas o DB atuou neste limite de profundidade, devido à sua característica mais robusta, ou seja, mais pesada, ao contrário dos outros, que obtiveram profundidades menores.

A profundidade de sementes para  $11,5 \text{ km h}^{-1}$  (Figura 3B) o dosador DC obteve destaque frente aos outros dosadores obtendo menor variabilidade e processo estável com profundidade de semeadura em torno de 3 cm, nota-se pela Figura 3A e 3B que com o aumento da velocidade, ocorreu uma diminuição da profundidade de semeadura mesmo assim o processo se manteve estável.

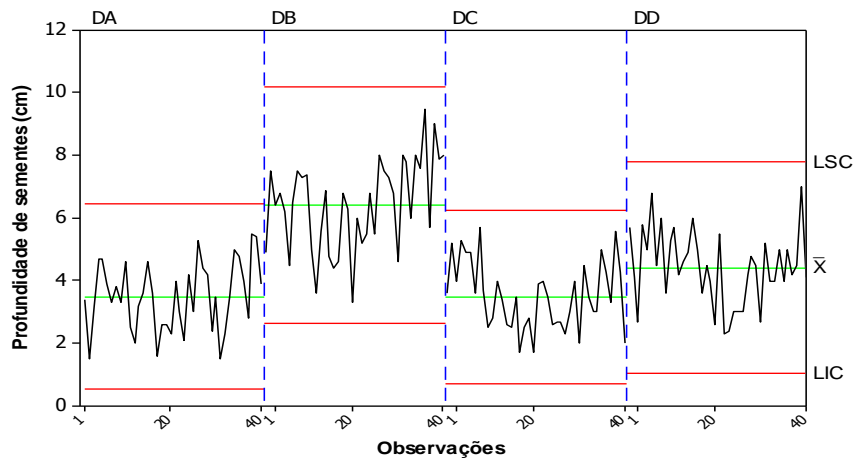
A profundidade de semeadura se caracteriza como uma das mais importantes para o sucesso da semeadura, é intensamente influenciada pelas características do solo, porém, mecanismos de controle de profundidade presentes nas máquinas conseguem apresentar bom desempenho mantendo a deposição das

sementes na profundidade adequada, no entanto somente quando operado o conjunto trator semeadora na margem de velocidade recomendada.

A



B

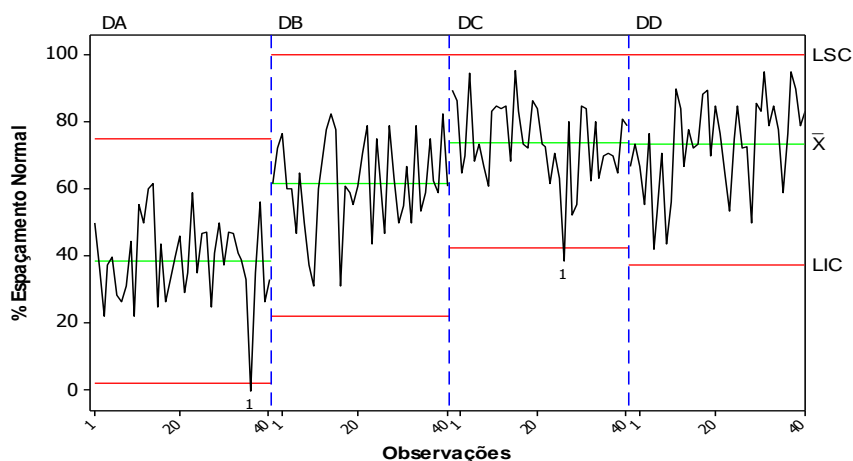


**Figura 3.** Cartas de controle de valores individuais para profundidade de semeadura do milho para quatro dosadores de sementes nas velocidades (A)  $V1=7,0 \text{ km h}^{-1}$  e (B)  $V2=11,5 \text{ km h}^{-1}$ . LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle.  $\bar{X}$ : média aritmética.

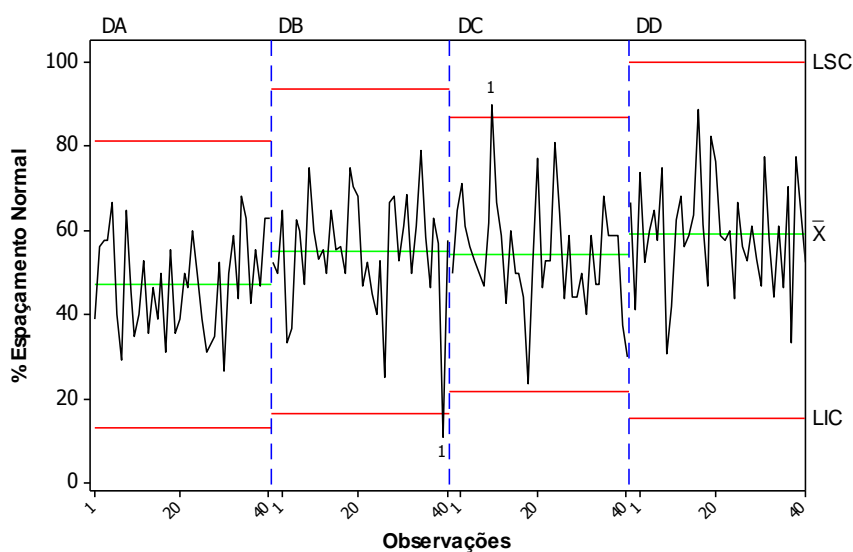
A distribuição de espaçamentos normais (Figura 4), tanto na velocidade  $V1$  como na  $V2$  apresentou menor variabilidade com o dosador DC, porém, ambos apresentaram pontos fora de controle, tornando o processo instável, pontos estes que podem ser atribuídos a causas especiais, devido a presença de imperfeições na área fazendo com que o mecanismo dosador realize-se distribuição incorreta neste ponto.

Comparando as figuras 4A e 4B, apesar de o dosador DC ter apresentado processo instável, notou-se que o mesmo, trabalhando com menor velocidade apresentou maiores porcentagens de espaçamentos normais (73%), exemplificando o melhor comportamento dos mecanismos dosadores nas menores velocidades.

A



B



**Figura 4.** Cartas de controle de valores individuais para % de espaçamentos normais do milho para quatro dosadores de sementes nas velocidades (A)  $V1=7,0$   $\text{km h}^{-1}$  e (B)  $V2=11,5$   $\text{km h}^{-1}$ . LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle.  $\bar{X}$ : média aritmética.

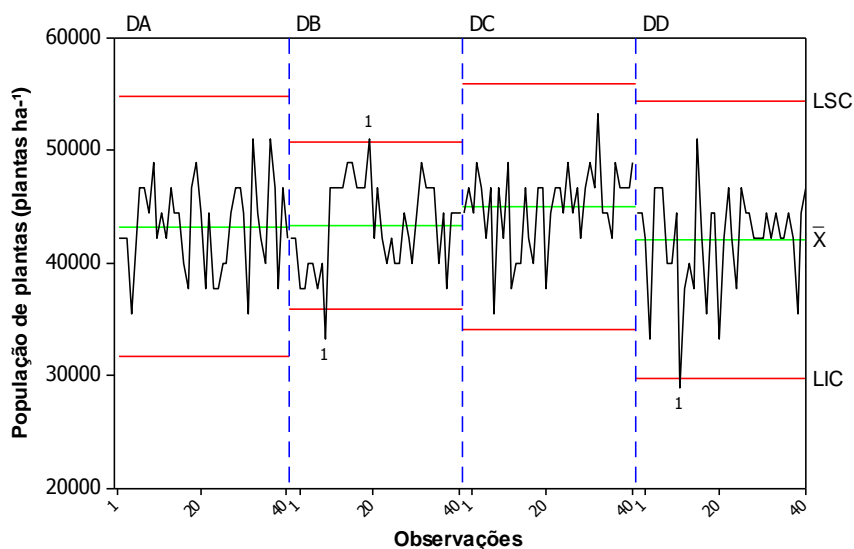
De acordo com as cartas de controle para as duas velocidades notou-se que o aumento da velocidade provocou diminuição na porcentagem de espaçamentos normais, fato esse que corrobora com Trogello et al. (2013) que mostraram que as

diferentes velocidades de semeadura influenciaram significativamente a uniformidade de distribuição de sementes, levando a espaçamentos falhos, ao posicionamento de sementes duplas e reduzindo os aceitáveis.

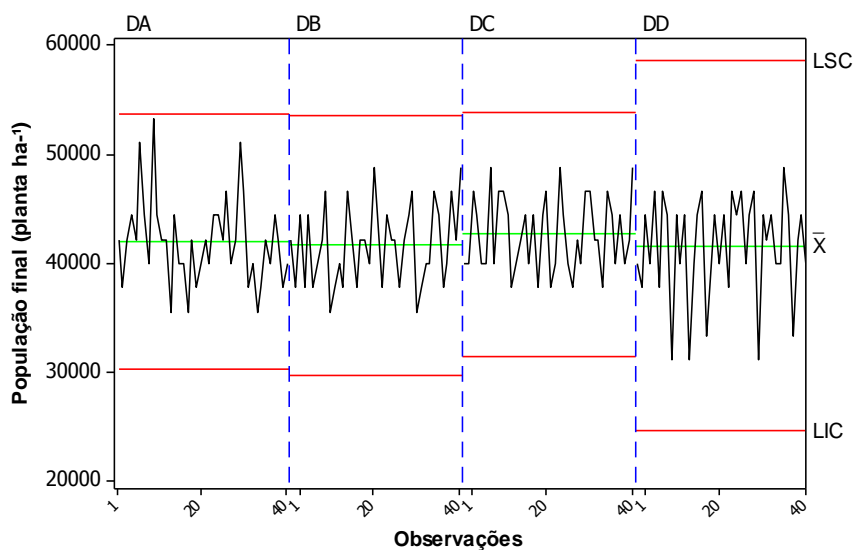
A velocidade do conjunto trator-semeadora é um dos principais fatores que interferem na qualidade e capacidade operacional, nesse sentido as semeadoras-adubadoras passam por modificações com objetivo de melhorar a eficiência longitudinal de distribuição de sementes e adubo.

Para a velocidade V1 (Figura 5A) da população final de plantas os dosadores DA, DC e DD apresentaram processo estável. A menor variabilidade foi encontrada com o dosador DB, porém, houve a presença de pontos fora dos limites de controle que podem ser atribuídos a causas especiais. Com utilização das cartas de controle de valores individuais pode-se verificar se há ou não fatores extrínsecos ao processo afetando-o, sendo estes fatores relacionados aos 6 M's (máquina, mão de obra, matéria prima, método, medição e meio ambiente), na qual esta ferramenta pode nos informar se determinado processo é previsível ou não previsível (VOLTARELLI et al., 2013).

A



B



**Figura 5.** Cartas de controle de valores individuais para população de plantas de milho para quatro dosadores de sementes nas velocidades (A)  $V1=7,0 \text{ km h}^{-1}$  e (B)  $V2=11,5 \text{ km h}^{-1}$ . LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle.  $\bar{X}$ : média aritmética.

Diferente do ocorrido para a população na velocidade  $V1$ , a  $V2$  (Figura 5B) apresentou processo estável para todos os dosadores avaliados, o DC apresentou menor variabilidade indicando melhor qualidade do processo de semeadura, com média de população final em torno de 42.700 plantas por hectare.

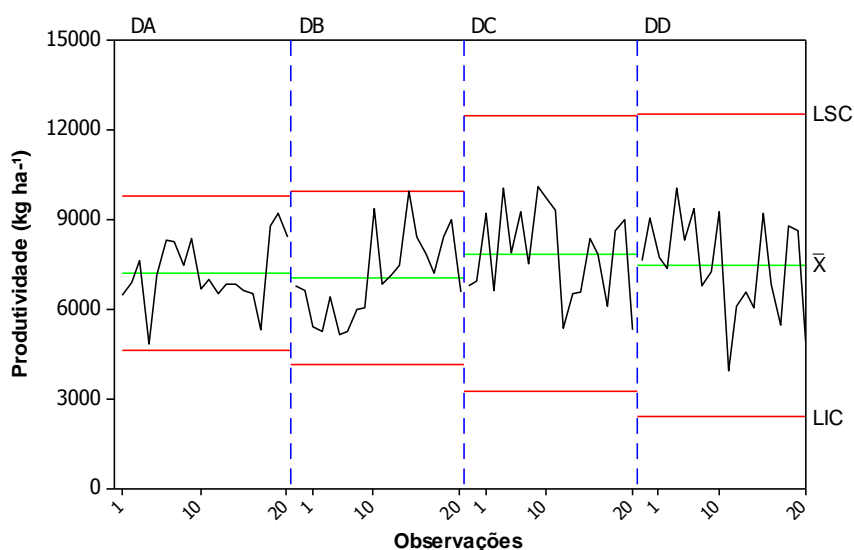
Comparando as duas velocidades, assim como na porcentagem de espaçamentos normais, para esta variável o aumento da velocidade atuou negativamente, ou seja, diminuindo a população de plantas, fato esse que pode ser atribuído as causas especiais relacionadas à máquina, que não conseguiu realizar distribuição de sementes uniforme, devido ao aumento da velocidade de deslocamento.

Conforme apresentado nas figuras 5A e 5B nas velocidades  $V1$  e  $V2$ , percebe-se que, com o aumento da velocidade, ocorreu maior variabilidade da população final de plantas, assim como constatado por Melo et al. (2014), trabalhando com velocidade de deslocamento da semeadora de fluxo contínuo, verificaram que houve influência da velocidade tanto na profundidade de deposição de sementes quanto na densidade de plantas.

O dosador DA apresentou melhor processo em relação à produtividade na velocidade V1 pelo fato de ter apresentado processo estável (Figura 6A), com média de produtividade em torno de 7.500 kg ha<sup>-1</sup>, média muito próxima entre as velocidades e dosadores analisados.

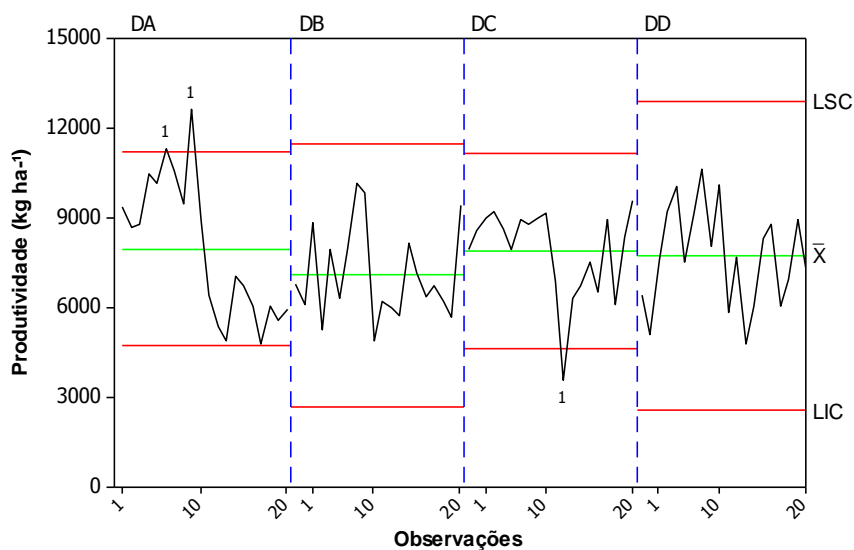
O dosador DA se mostrou com baixa variabilidade dos dados nas velocidades V1 e V2, porém na maior velocidade houve a ocorrência de um ponto fora de controle tornando o processo instável, ponto esse que pode estar ligado às causas especiais, conforme citado anteriormente. Furlani et al. 2013, trabalhando com demanda energética de semeadora constataram que a velocidade de deslocamento não apresentou diferença, apresentando valores de 6,1 a 6,4 km h<sup>-1</sup>, próximos à velocidade recomendada para semeadoras-adubadoras com dosador de sementes do tipo pneumático.

A





B



**Figura 6.** Cartas de controle de valores individuais para produtividade do milho para quatro dosadores de sementes nas velocidades (A)  $V1=7,0 \text{ km h}^{-1}$  e (B)  $V2=11,5 \text{ km h}^{-1}$ . LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle.  $\bar{X}$ : média.

Para a produtividade, a menor velocidade obteve melhor qualidade do processo. Trogelo et al., 2014, trabalhando com o desenvolvimento da cultura de milho em diferentes velocidades de deslocamento constatou que as melhores características agrônômicas foram encontradas na menor velocidade de trabalho, esses autores atribuíram esse resultado à maior dificuldade que a semeadora-adubadora possui em distribuir uniformemente as sementes, assim as plantas tendem a competir mais umas com as outras em busca de luz.

A cultura do milho é altamente exigente por um processo de semeadura corretamente realizado, uma vez que a competição entre as plantas acarreta em prejuízos na produção, assim como também não apresenta compensação na produção de espigas quando espaçadas irregularmente.

## CONCLUSÕES

O Dosador DB apresentou maior quantidade dos indicadores de qualidade dentro dos limites de controle no decorrer do processo, o que indica que esse dosador apresentou melhor qualidade da operação.

A menor velocidade de trabalho apresentou melhor qualidade, ou seja, menor variabilidade dos indicadores de qualidade monitorados.

A maior porcentagem de espaçamentos normais foi encontrada na menor velocidade de trabalho, para os dosadores DB, DC e DD.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., DE MORAES, G., LEONARDO, J., & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDRIOLI I., CENTURION J. F. (1999). Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 27. **Anais...**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, CD-ROM.

BOTTEGA, E. L., ROSOLEM, D. H., DE OLIVEIRA NETO, A. M., VON LINSINGEN PIAZZETTA, H., & GUERRA, N. Qualidade Da Semeadura Do Milho Em Função Do Sistema Dosador De Sementes E Velocidades De Operação. **Global Science and Technology**, V. 7, n. 1, 2014.

CASSIA, M.T.; SILVA, R.P.; CHIODEROLLI, C.A.; NORONHA, R.R.F.; SANTOS, E.D. Quality of mechanized coffee harvesting in circular planting system. **Ciência Rural**, v.43, n.1, 2013.

CHIODEROLI, C. A.; SILVA, R. P.; NORONHA, R. H. F.; CASSIA, M. T.; SANTOS, E. P. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p.112-121, 2012

COMPAGNON, A.M.; CASSIA, M.T.; FERREIRA, M.C.; NORONHA, R.H.F.; GUIMARÃES, J.E.R. Quality of pre-emergence herbicide application with adjuvant in sugarcane crop. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.6, n.1, 2013.

FURLANI, C. E. A., CANOVA, R., CAVICHIOLI, F. A., BERTONHA, R. S., & DA SILVA, R. P. Demanda energética por semeadora-adubadora em função da haste sulcadora na semeadura do milho. **Revista Ceres**, v. 60, n. 6, p. 885-889, 2013.

GARCIA, R. F.; VALE, W. G.; OLIVEIRA, M. T. R.; PEREIRA, É. M.; AMIM, R. T.; BRAGA, T. C. Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão no Norte Fluminense. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.33, p.417-422, 2011

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

MELO, R. P., FERNANDES, F., DO NASCIMENTO, H. C. F., MAIA, C., & ALBIERO, D. Análise do controle de qualidade da densidade de distribuição de arroz por uma semeadora de fluxo contínuo. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 8, n. 4, p. 343-350, 2014.

MONTGOMERY, D.C. **Control charts for variables**. In: MONTGOMERY, D.C. Introduction to statistical quality control. Arizona: Wiley, 2009. v.6, p. 226-268.

NOIMAN, S.A.; BROWN, L.D.; BUJA, A.; ROLKE, W.R.; STINE, R.A. The power to see: A new graphical test of normality. *The American Statistician*, v.67, n.4, p. 249-260, 2013.

NORONHA, R.H.F.; SILVA, R.P.; CHIODEROLLI, C.A.; SANTOS, E.P.; CASSIA, M.T. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v.70, n.4, 2011.

SANTOS, A. J. M., GAMERO, C. A., & VILLEN, A. C. Análise espacial da distribuição longitudinal de sementes de milho em uma semeadora-adubadora de precisão. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 01, p. 16-23, 2011.

SILVA, P. R. A., DIAS, P. P., DA SILVA CORREIA, T. P., & DE SOUSA, S. F. G. Emergência de plântulas de milho em diferentes profundidades de semeadura. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 178, 2015.

REIS, E.F.; QUEIROZ, D.M.; CUNHA, J.P.A.R; ALVES, S.F. Qualidade da aplicação aérea líquida com uma aeronave agrícola experimental na cultura da soja (*Glycine Max L.*). **Engenharia Agrícola**, v.30, n.5, 2010.

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

TOLEDO, A.; SILVA, R.P.; FURLANI, C.E.A. Quality of cut and base cutter blade configuration for the mechanized harvest of green sugarcane. **Scientia Agrícola**. v.70, n.6, 2013.

TROGELLO, E., MODOLO, A. J., DALLACORT, R., BAESSO, M. M., & SCARSI, M. Desenvolvimento do milho sobre diferentes manejos de palhada, sulcadores e velocidades de semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 2, p. 142-153, 2014.

TROGELLO, E., MODOLO, A. J., SCARSI, M., & DALLACORT, R. Manejos de cobertura, mecanismos sulcadores e velocidades de operação sobre a semeadura direta da cultura do milho. **Bragantia**, v. 72, n. 1, p. 101-109, 2013.

VOLTARELLI, M. A., DA SILVA, R. P., ZERBATO, C., SILVA, V. F. A.; PAIXÃO, C. S. S. Monitoramento das perdas no processo de colheita mecanizada de tomate industrial. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 23, n. 4, p. 315-325, 2015.

VOLTARELLI, M.A.; SILVA, R.P.; ROSALEN, D.L.; ZERBATO, C.; CASSIA, M.T. Quality of performance of the operation of sugarcane mechanized planting in day and night shifts. **Australian Journal of Crop Science**, v.7, n.9, 2013.

YAZGI, A., & DEGIRMENCIOGLU, A. Measurement of seed spacing uniformity performance of a precision metering unit as function of the number of holes on vacuum plate. **Measurement**, v. 56, p. 128-135, 2014.

## CAPÍTULO 3

### MECANISMOS DOSADORES DE SEMENTES E VELOCIDADES DE SEMEADURA DE MILHO

#### RESUMO

A busca pelo aumento da capacidade operacional das atividades agrícolas intensificou o uso de máquinas na agricultura, com isso exigindo investimentos em máquinas com maior potência e automação, além da utilização de velocidades mais elevadas para atender às demandas das atividades agrícolas. Objetivou-se com o trabalho avaliar a qualidade de semeadura do milho (segunda safra) com semeadora-adubadora pneumática, em função de dosadores de sementes e seu comportamento em diferentes velocidades de deslocamento. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, com dois mecanismos dosadores de sementes de diferentes fabricantes em semeadora adubadora pneumática, denominados de A e B, e seis velocidades de deslocamento de aproximadamente 2,0; 4,7; 6,5; 9,1; 10,3 e 12,3 km h<sup>-1</sup>, para a cultura do milho, formando um fatorial 6X2 com 4 repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. Os mecanismos dosadores foram comparados por teste de média e para as velocidades foram traçados gráficos de regressão. Foram avaliadas as populações inicial e final de plantas, profundidade de sementes, distribuição longitudinal de plântulas (espaçamentos normais, falhos e duplos) e a produtividade de grãos. A velocidade de semeadura e os dosadores de sementes apresentaram interação significativa apenas para as porcentagens de espaçamentos normais, falhos e duplos. Já a população inicial e final apresentaram efeito isolado tanto para os dosadores quanto para as velocidades. A profundidade de sementes apresentou efeito isolado da velocidade. Para a produtividade de grãos houve efeito significativo isolado dos dosadores analisados. A interação do dosador B com as menores velocidades apresentaram melhor desempenho no processo de semeadura.

**Palavras-chave:** Distribuição longitudinal, máquinas agrícolas, população de plantas, regressão.

## MAIZE SOWING SPEEDS AND SEED-METERING MECHANISMS

### ABSTRACT

The intensifying use of machines in agriculture to increase operational capacity requires investments in more powerful and automated machines capable of working at higher speeds to meet the demands of agricultural activities. The objective of this study was to evaluate the sowing quality of a second crop maize using a pneumatic sowing machine equipped with two seed-metering devices at different displacement speeds. The statistical design was a randomized block design, 6x2 factorial, with 4 replications, totaling 48 experimental plots, to test two seed-metering mechanisms from different manufacturers denominated A and B, and 6 displacement speeds of approximately 2.0; 4.7; 6.5; 9.1; 10.3 and 12.3 km h<sup>-1</sup>. The seed-metering mechanisms were compared by mean test while displacement speeds were compared by regression plots. The initial and final plant populations, seed depth, seedling longitudinal distribution (normal, faulty and double spacing) and grain yield were also evaluated. Displacement speed and seed-metering devices showed significant interaction only for the percentages of normal, faulty, and double spacings. The initial and final population presented an isolated effect for both the seed-metering devices and velocities. The seed depth showed an isolated velocity effect. The grain yield showed a significant isolated effect from the analyzed seed-metering devices. The seed-metering device B operating at lower speeds had better performance in the sowing process.

**Keywords:** Longitudinal distribution, agricultural machinery, plant population, regression.

## INTRODUÇÃO

A cultura do milho tem produção mundial em torno de 1,1 bilhões de toneladas, sendo os Estados Unidos o maior produtor, com 369 milhões de toneladas, seguido pela China e Brasil, com 218 e 80 milhões de toneladas, respectivamente (USDA, 2016). No cenário nacional a produção é de 68,4 milhões de toneladas distribuídos em 15,7 milhões de hectares na safra 2015/2016 (CONAB, 2016), apresentando-se como insumo básico para a avicultura e a suinocultura, dois mercados extremamente competitivos internacionalmente e geradores de receita para o Brasil (CALDARELLI & BACCHI, 2012).

O cultivo de milho de segunda safra aumentou significativamente nos últimos anos devido sua importância tanto para a economia nacional, quanto para a realização de rotação de culturas, para manutenção de palhada no solo com o emprego do sistema de semeadura direta. Com isso se intensificou o uso da mecanização na agricultura, exigindo novos investimentos em máquinas com maior potência e automação para atender às demandas das atividades agrícolas (JASPER et al., 2013).

A busca pelo aumento da capacidade operacional das atividades agrícolas, faz com que sejam utilizadas velocidades maiores, com isso o mercado de semeadoras-adubadoras aumenta a exigência por maquinários com melhor eficiência na distribuição de sementes, buscando a redução dos custos operacionais e a melhoria da qualidade do processo de semeadura (SANTOS et al., 2016).

Entre as semeadoras adubadoras de precisão, as pneumáticas são amplamente utilizadas porque têm as vantagens em relação às mecânicas, melhor qualidade de trabalho, taxas de semente mais precisas com menores danos nas mesmas, melhor controle e ajuste e espectro mais amplo de aplicabilidade (ZAHN et al., 2010).

Os mecanismos dosadores das semeadoras pneumáticas são responsáveis por capturar e ejetar as sementes em espaçamentos uniformes, operar com tamanho de sementes variáveis, não danificar as sementes (prejudicando a germinação) e também precisa ser robusto e utilizar tecnologia estabelecida e



comprovada (ST JACK et al., 2013 e NARANG et al., 2015). Ou seja, além de parâmetros construtivos outros fatores que influenciam a distribuição das sementes no solo, tais como, a altura do mecanismo dosador em relação ao solo e o sentido de rotação do disco que pode acarretar em maior tempo de chegada da semente ao solo.

A cultura do milho precisa ser semeada com cuidado e acurácia para se atingir a melhor germinação, emergência e produtividade possíveis (SINGH et al., 2016). Durante a semeadura mecanizada, diversos fatores interferem no estabelecimento do estande de plantas e na produtividade da cultura, sendo a velocidade de operação da máquina no campo, um deles. Este parâmetro pode influenciar, na patinagem dos rodados da semeadora; capacidade de campo; velocidade do mecanismo dosador; distância e profundidade de sementes; ocorrência de duplos; e danos mecânicos (GARCIA et al., 2011).

As semeadoras-adubadoras são máquinas indispensáveis aos produtores que buscam sucesso na produtividade, existem diversos sistemas dosadores no mercado nacional, sabendo que os mesmos se diferenciam pela qualidade de funcionamento, existe a necessidade de verificar os mesmos tanto por suas diferenças construtivas como também em função da velocidade de trabalho empregada no momento da semeadura.

O mecanismo dosador é o principal componente de uma semeadora e que o seu desempenho exerce grande influência na produtividade das culturas. Objetivou-se com o trabalho avaliar a semeadura do milho com semeadora-adubadora pneumática, em função de dois mecanismos dosadores de sementes e seu comportamento em seis velocidades de deslocamento.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Unesp/Jaboticabal, no estado de São Paulo, localizada em torno das coordenadas geodésicas 21°14'54" S e 48°16'51" W, com altitude média de 568 m e declividade média de 4%. Clima Aw (subtropical), de acordo com a classificação de Köppen adaptado por Alvares et al. (2013). O solo da

área foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, A moderado, textura argilosa e relevo suave ondulado, segundo classificação da EMBRAPA (2013).

A cultura do milho (*Zea mays* L.) foi implantada em área precedida de soja, com Sistema Plantio Direto, utilizando-se o híbrido simples 30F35YH, em função das características da região e épocas de semeadura. Realizou-se adubação mineral, no sulco de semeadura, com 350 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula comercial (08-28-16), baseado em análise de solo realizada na área. Foi realizada a adubação de cobertura com 120 kg de KCl ha<sup>-1</sup> e 300 kg de Uréia ha<sup>-1</sup>, de acordo com análise de solo da área.

O delineamento estatístico utilizado foi de blocos casualizados, com dois sistemas dosadores de sementes de diferentes fabricantes em semeadora adubadora pneumática, denominados de A e B, e seis velocidades de deslocamento, aproximadamente (V1=2,0; V2=4,7; V3=6,5; V4=9,1; V5=10,3 e V6=12,3 km h<sup>-1</sup>), para a cultura do milho, formando um fatorial 6X2 com 4 repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. As velocidades foram selecionadas de acordo com o escalonamento de marchas alcançadas pelo conjunto tratorsemeadora adubadora. Buscou-se avaliar três velocidades acima e duas abaixo da velocidade média de semeadura usual. As parcelas constaram de 30 x 10 m para a avaliação do conjunto mecanizado e utilizou-se 5 m das duas fileiras centrais (4,5 m<sup>2</sup>) da parcela para cada dosador.

Durante o período avaliado (janeiro a maio de 2015) ocorreu precipitação total de 567 mm. A temperatura máxima média no período foi de 28,8°C, oscilando entre 25,9°C e 30,5°C e a temperatura mínima média foi de 19,0°C, oscilando entre 15,5°C e 23,0°C. A umidade relativa média foi 80%, oscilando entre 70 e 87%. Dados coletados na estação meteorológica da UNESP câmpus de Jaboticabal.

Foi utilizado o trator da Massey Ferguson modelo MF 7370 com potência de 125 kW (170 cv), em rotação de 2000 rpm no motor, utilizado para tracionar um protótipo da semeadora adubadora da Jumil modelo 3070 pneumática Exacta Air, composta por quatro unidades de semeadura e com 2 mecanismos dosadores de sementes diferentes, resultando em quatro linhas semeadas no espaçamento de 0,90 m.

Este protótipo de semeadora adubadora estava configurado com disco de corte liso de 17", mecanismo de abertura do sulco e deposição de fertilizante do tipo haste sulcadora, discos duplos desencontrados de 14" para deposição das sementes, respectivamente, rodas aterradoras-compactadoras duplas em "V". Equipada com sistema de controle de profundidade, composto por compressor de ar acionado eletricamente e por bolsas pneumáticas individuais em cada fileira de semeadura, as quais foram reguladas para trabalhar com pressão de 300 kPa, com profundidade regulada em 5 cm.

Os dosadores foram constituídos com discos de sementes de 28 furos. O dosador A, tanto sua construção como os discos de sementes foram de polímero poliacetil. Esse distribuidor foi adaptado à unidade da semeadora de testes. O sentido de rotação do disco de semente foi o sentido horário. Em relação ao dosador B, foram usados distribuidores de alumínio e discos de plástico comum, chassi para semeadoras mais pesadas, e difere do outro dosador, no sentido de rotação do disco, que foi anti-horário.

Os parâmetros avaliados foram:

- População inicial e final de plantas: para estas avaliações foram contados os números de plantas na área útil da parcela, durante a estabilização da emergência das plântulas e no período de colheita, respectivamente.

- Profundidade de semeadura: obtida após cerca de 10 dias, foi verificada após a emergência das plantas com auxílio de um canivete. Cavou-se o solo até encontrar a semente e em seguida com o uso de uma régua graduada em milímetros, mensurou-se o nível do solo até a semente. Foram coletadas 5 plantas por parcela, determinando-se assim a profundidade de sementes pela média das amostras na parcela. A semeadora adubadora foi regulada para estar semeando a profundidade de 5 cm.

- Distribuição longitudinal de plântulas: foram avaliados pela contagem do número de plântulas, adaptado de KURACHI et al. (1989). As distribuições foram realizadas e analisadas utilizando-se uma trena graduada em milímetros, considerando-se percentagens de espaçamentos: "duplos" (D), menores que 0,5 vezes o espaçamento médio esperado; "aceitáveis" (A), de 0,5 a 1,5 vezes o espaçamento médio esperado, e "falhos" (F) maiores que 1,5 vezes o espaçamento

médio esperado. O espaçamento médio esperado foi de aproximadamente 0,23m entre plântulas.

- Produtividade: para esta avaliação foram coletadas espigas da área útil de cada parcela e trilhadas com auxílio de trilhadora mecânica estacionária. Os grãos foram separados, pesados e os valores corrigidos para a base úmida de 13%, e os valores extrapolados para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Anderson Darling, assim como também ao teste de normalidade de resíduos, demonstrando que os mesmos apresentaram comportamento normal. Após os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e, quando significativos foi aplicada a comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade e submetidos à análise de regressão para verificar o comportamento das características em função das velocidades de semeadura, com o auxílio do programa estatístico AgroEstat (BARBOSA & MALDONADO, 2014).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A velocidade de semeadura e os dosadores de sementes apresentaram interação significativa apenas para as porcentagens de espaçamentos normais, falhos e duplos. Já para a população inicial e final apresentaram efeito isolado tanto para os dosadores quanto para as velocidades. A profundidade de sementes apresentou efeito isolado apenas da velocidade e a produtividade de grãos, efeito isolado apenas dos dosadores (Tabela 3).

Comparando o efeito apresentado pelos dosadores, encontrou-se que, para a população inicial e final de plantas, o dosador B apresentou as maiores médias de plantas por hectare (Tabela 3). Pinheiro Neto et al., (2008) trabalhando com desempenho de mecanismos dosadores constataram que a semeadora pneumática apresentou maior aproximação quanto à população de plantas recomendada agronomicamente. Evidenciando que para a obtenção de uma população adequada de plantas é necessário a escolha de um mecanismo dosador adequado.

Para as variáveis que apresentaram efeito isolado da velocidade, foram confeccionados gráficos de regressão que melhor explicam os resultados. Para a

população inicial de plantas o modelo de regressão polinomial que melhor se ajustou aos resultados foi o quadrático, com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,96. Por meio da decomposição da equação a velocidade média em torno de 5,1 km h<sup>-1</sup> apresentou maior população inicial de plantas com aproximadamente 12% mais de plantas em comparação com a maior velocidade de semeadura de 12,3 km h<sup>-1</sup> (Figura 7).

A velocidade de semeadura depende de condições do campo, mas normalmente é igual ou inferior a 8 km ha<sup>-1</sup> (KHODEI et al., 2015). Observa-se que da menor velocidade (2 km h<sup>-1</sup>) para a velocidade intermediária de aproximadamente 6 km h<sup>-1</sup> houve um pequeno aumento da população inicial de plantas, porém, conforme o aumento da velocidade de semeadura observa-se um decréscimo considerável desse parâmetro avaliado.

A população final de plantas é um parâmetro muito influenciado pelas condições ambientais, assim como também condições de solo, e representa o índice de sobrevivência das plantas em relação à população inicial. O modelo que melhor se adequou para está variável foi o modelo de regressão polinomial quadrático, com  $R^2$  de 0,89 (Figura 8).

Conforme ocorrido na população inicial, para a população final ocorreu comportamento semelhante nas velocidades médias de 5,2 km h<sup>-1</sup>, que apresentaram decréscimo acentuado de plantas. O mecanismo dosador de sementes é o principal componente da semeadora, ele que assegura que a população final de plantas desejada será alcançada (MANDALA et al., 2013). O milho não apresenta a plasticidade que outras culturas apresentam em compensar a ausência de plantas, desta forma o estande de plantas e a produção por planta são os componentes que determinam a produtividade da cultura (SILVA et al., 2016)

A população final de plantas foi em média 2 a 3 % menor com a semeadura realizada com as velocidades V1, V2 e V5, já para as velocidades V3 e V4 em torno de 5%, e a V6 apresentou o menor índice de sobrevivência com redução de cerca de 18% da população inicial. Trogelo et al., (2014), trabalhando com o desenvolvimento da cultura de milho em diferentes velocidades de deslocamento constatou que os melhores caracteres agrônômicos foram encontrados na menor velocidade de trabalho (4,5 km h<sup>-1</sup>), esses autores atribuíram esse resultado à maior

dificuldade que a semeadora-adubadora possui em distribuir uniformemente as sementes, assim as plantas tendem a competir mais umas com as outras em busca de luz.

Para a profundidade de sementes houve efeito significativo isolado da velocidade, com os resultados ajustando-se ao modelo linear decrescente de regressão (Figura 9), a V6 apresentou menores médias. A semeadora adubadora utilizada apresentava sistema pantográfico de ajuste de profundidade em relação às imperfeições do terreno, porém, ainda assim ficou evidente a influência do aumento da velocidade na profundidade de sementes, divergindo dos resultados encontrados por Corrêa Júnior et al.(2014) em que este parâmetro não sofreu influência da velocidade de deslocamento e suas médias obtidas mostraram que a semeadora depositou sementes bem próximas da profundidade regulada.

Nesse sentido, solos muito úmidos ou secos e altas profundidades de semeadura podem tornar mais lento o processo de germinação das sementes. Para o melhor crescimento e desenvolvimento do sistema de enraizamento no solo, as sementes de milho devem ser semeadas a profundidade de 5 cm (KHODEI et al., 2015).

A profundidade de semeadura diz respeito às condições de umidade e palhada presentes no solo, altas profundidades e irregulares podem prejudicar a população de plantas e o desenvolvimento das mesmas. Quanto maior a profundidade de deposição das sementes, maior será a exigência de energia para o processo de emergência, assim como podem ocorrer prejuízos na germinação, causados por baixas temperaturas e baixos níveis de oxigênio (TROGELLO et al., 2013).

Para a porcentagem de espaçamentos normais verificou-se interação significativa entre as velocidades e o dosador B, contrário a Dias et al. (2014) que não encontraram diferenças significativas entre os mecanismos dosadores e a interação com a velocidade para percentual de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos entre sementes de milho.

No estudo dos efeitos das velocidades, a porcentagem de espaçamentos normais para o dosador A apresentou comportamento constante, com média em torno de 42% de espaçamentos normais, não havendo influência das velocidades

para esse dosador. Enquanto que o dosador B obteve ajuste ao modelo quadrático de regressão ( $R^2=0,97$ ), onde a menor velocidade analisada ( $2 \text{ km h}^{-1}$ ) apresentou aproximadamente 82% proporcionando cerca de 49% a mais de espaçamentos normais comparando-se com a maior velocidade (Figura 10). A população adequada e uniformidade de distribuição longitudinal das plantas de milho na linha é significativa quando se objetiva alcançar alta produtividade (STORCK et al., 2015).

O dosador B apresentou maiores porcentagens de espaçamentos normais em relação ao dosador A, que pode ser atribuído a rotação do disco no sentido anti-horário, que proporciona melhor qualidade no momento de ejetar a semente para o tubo condutor, evitando assim que as sementes entrem em atrito com as paredes do mesmo e não atinja o solo no momento e posicionamento adequado, proporcionando assim falhas na distribuição longitudinal. Segundo St Jack et al. (2013) a precisão com a qual os dosadores são capazes de individualizar e ejetar as sementes é bastante dependente de uma variedade de aspectos do próprio dosador, em especial a configuração do orifício do disco, o nível de vácuo, quando for o caso e a rotação em que o disco é operado.

Um critério importante na avaliação do desempenho da semeadora adubadora é a uniformidade do espaçamento entre sementes, uma vez que uma distribuição uniforme de sementes pode proporcionar espaço máximo para cada planta, reduzindo a competição intra-específica e aumentando a produtividade (ZAHN et al., 2010).

Para espaçamentos falhos apesar de verificado interação significativa, não houve efeito da velocidade sobre o dosador A, que se comportou do mesmo modo como para os espaçamentos normais, O dosador A apresentou média de espaçamentos falhos em aproximadamente 37% (Figura 11).

O dosador B se ajustou ao modelo quadrático de regressão, com  $R^2$  de 0,99, verificou-se que da menor velocidade avaliada para a maior, ocorreu aumento de 42% de espaçamentos falhos comparando-se com a maior velocidade. Miller et al., (2012) semearam milho com diferentes unidades semeadoras em quatro velocidades de deslocamento e não verificaram nenhuma vantagem em velocidades abaixo de  $8 \text{ km h}^{-1}$ , já para as velocidades de  $11,3$  e  $14,5 \text{ km h}^{-1}$  demonstraram interferência negativa no espaçamento entre as plantas.

Para espaçamentos duplos houve interação significativa entre velocidades e dosadores, os dosadores A e B se ajustaram melhor ao modelo linear de regressão, porém, de maneira decrescente e crescente, respectivamente (Figura 12).

Conforme se aumentou a velocidade de semeadura com o dosador A houve redução da porcentagem de espaçamentos duplos, contrário ao dosador B. Nas velocidades de 3,6 e 5,4 km h<sup>-1</sup> ocorreu bom desempenho do distribuidor de sementes, porém, acima de 7,2 km h<sup>-1</sup> houve queda no desempenho de distribuição (YAZGI e DEGIRMENCIOGLU, 2014). Weirich Neto et al. (2012) na semeadura direta de milho com dosador pneumático e mecânico, concluíram que os dosadores não causaram diferença significativa na qualidade da distribuição longitudinal de sementes no sulco.

Quando comparado os dois dosadores, percebe-se que o A apresentou porcentagens de espaçamentos duplos muito superiores que o B, o que pode ter ocorrido devido as características construtivas e ao sentido de rotação dos discos. Estes problemas estão de acordo com os encontrados por Viana et al., (2014) que salientam as inadequações de equipamentos, para a semeadura de milho.

Em relação à produtividade de grãos houve efeito significativo isolado dos dosadores, o dosador B apresentou maior média de produtividade de grãos (7.667 kg ha<sup>-1</sup>), cerca de 8% mais que o dosador A. Essa diferença pode ser relatada devido às características construtivas do dosador e o sentido de rotação do disco de sementes, por ter proporcionado maiores porcentagens de espaçamentos normais, diminuindo assim a competição intraespecífica entre as plântulas. Resultado diferente do encontrado por Pinheiro Neto et al. (2008) onde não constataram efeito significativo para a semeadora pneumática na população de plantas e nem para a produtividade.

O estudo do desempenho de um mecanismo dosador de sementes tem significado prático e valor de referência para a concepção do dispositivo de dosagem de sementes bem como a determinação de velocidade de operação (ZHAO et al., 2012). O estabelecimento da cultura do milho é de extrema importância devido ao fato da cultura não apresentar compensação da plantas com perfilhamento ou maior número de espigas. Porém, Trogello et al. (2014) afirmaram que não ocorreram



diferenças significativas entre a velocidade de 4,5 e a de 7,0 km h<sup>-1</sup> na produtividade final.

## CONCLUSÕES

O dosador B apresentou as melhores características de componentes de produtividades e melhor desempenho em relação a distribuição longitudinal de plântulas, demonstrando assim, melhores características construtivas em relação ao dosador A. Indicando também que o sentido horário de rotação do disco distribuidor de sementes influencia na correta distribuição das sementes.

A menor velocidade apresentou as melhores porcentagens de espaçamentos normais, indicando que o aumento da mesma acarreta maiores porcentagens de espaçamentos falhos e duplos comprometendo a qualidade da semeadura.

A interação dosador B com as velocidades V1, V2 e V3 (2,0; 4,7 6,5 km h<sup>-1</sup>) apresentaram maiores populações de plantas e porcentagens de espaçamentos normais, as velocidade superiores influenciaram de maneira significativa nesses parâmetros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, C.A., J.L. Stape, P.C. Sentelhas, J.L. de Moraes Gonçalves, and G. Sparovek. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22(6): 711–728. doi:10.1127/0941-2948/2013/0507
- Barbosa, J.C., and W. Maldonado Jr. 2014. *AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agrônomicos*. Versão 1.1.0.712.
- Caldarelli, C.E., and M.R.P. Bacchi. 2012. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. *Nova Economia* 22(1): 141–164. doi: 10.1590/S0103-63512012000100005
- CONAB. 2016. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Safra 2015/16 -

Décimo Primeiro levantamento. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), Brasília, Brasil. Available at [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_08\\_09\\_12\\_08\\_19\\_boletim\\_graos\\_agosto\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_08_09_12_08_19_boletim_graos_agosto_2016.pdf) (accessed September 2016).

Corrêa Júnior, D., R.F. Garcia, C.M.C. Manhães, P.P.C. Klaver, and J.F.S. Vasconcelos Júnior. 2014. Influência da Velocidade de Trator e Semeadora de Precisão na Implantação e Produtividade da Cultura do Milho Verde. *Revista Engenharia na Agricultura*, 22(1): 25–32. doi:10.13083/1414-3984.v22n01a03

Dias, V. D. O., Alonço, A. D. S., Carpes, D. P., Veit, A. A., & Souza, L. B. D. Peripheral speed of the plate in seed meters of corn and soybean. *Ciência Rural*, v. 44, n. 11, p. 1973-1979, 2014.

EMBRAPA. 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3a ed. Revista e ampliada. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Brasília, Brasil.

Garcia, R.F., W.G. do Vale, M.T.R. de Oliveira, É.M. Pereira, R.T. Amim, and T.C. Braga. 2011. Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão no Norte Fluminense. *Acta Scientiarum.- Agronomy* 33(3): 417–422. doi:10.4025/actasciagron.v33i3.6085

Jasper, S.P., P.R. Arbex Silva, and S.H. Benez. 2013. Estudo comparativo do custo da semeadura direta na cultura do milho utilizando duas metodologias. *Energia Na Agricultura* 28(1): 6-10. doi:10.17224/EnergAgric.2013v28n1p06-10

Fattahi, S.H, M. Khodei, and H. Navid. Evaluation of corn planter under travel speed, working depth, pressure wheel and cone index. 2015. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* 17(4):73-80.

Kurachi, S.A.H., J.A. de S. Costa, J.A. Bernardi, J.L.D. Coelho, and G.M. da Silveira. 1989. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. *Bragantia* 48(2): 249–262. doi:10.1590/S0006-87051989000200011

- Mandala, S. K., Sutarb, S. M., Sensharmaa, S., & Paratec, S. Development of Animal Drawn Planting Equipment. *Journal of Mechanical Engineering (Photon)*, v. 146, n. 152, p. 123, 2013.
- Miller, E.A., J. Rascon, A. Koller, W.M. Porter, R.K. Taylor, and R. Raun, W.R.b, Kochenower. 2012. Evaluation of corn seed vacuum metering systems. p. 815–825. *In American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting 2012. American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI. doi:10.13031/2013.42140*
- Narang, M. K., Chandel, R., Thakur, S. S., & Mishra, A. Response of Maize (*Zea Mays L*) Crop to Different Planters. *Poljoprivredna tehnika*, v. 40, n. 2, p. 61-72, 2015. 2015.
- Pinheiro Neto, R., A. de L. e Braccini, C.A. Scapim, V.C. Bortolotto, and A.C. Pinheiro. 2008. Desempenho de mecanismos dosadores de sementes em diferentes velocidades e condições de cobertura do solo. *Acta Scientiarum. - Agronomy* 30(5): 611–617. doi:10.4025/actasciagron.v30i5.5960
- Santos, V.C. dos, P.R.A. dos Santos, I.O. Lima, V.R.F. Pereira, F.R.F. Gonçalves, and C.A. Chioderoli. 2016. Performance of a seeder according to the displacement velocity and furrowing mechanism for fertilizer deposition. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 20(3): 286–291. doi:10.1590/1807-1929/agriambi.v20n3p286-291
- Silva, D.H.R. da, G.E. Meneghello, S. De Oliveira, J.A. Cavalcante, and L.M. Tunes. 2016. População de plantas e desempenho produtivo de híbridos de milho oriundos de sementes com diferentes níveis de vigor. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 11(2): 1. doi:10.18378/rvads.v11i2.4173
- Singh, N.K., T. Ashok, and A. Srivastava. Development and testing of twin row drum planter for maize. 2016. *Global Journal of Multidisciplinary Studies* 5(2).
- St Jack, D., D.C. Hesterman, and A.L. Guzzomi. 2013. Precision metering of

- Santalum spicatum* (Australian Sandalwood) seeds. *Biosystems Engineering* 115(2): 171–183. doi:10.1016/j.biosystemseng.2013.03.004
- Storck, L., A.J. Modolo, B. Brum, E. Trogello, M.F. Franchin, and P.F. Adami. 2015. Medida de regularidade do espaçamento de plantas de milho em diferentes sistemas de manejo *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 19(1): 39–44. doi:10.1590/1807-1929/agriambi.v19n1p39-44
- Trogello, E., A.J. Modolo, R. Dallacort, M.M. Baesso, and M. Scarsi. 2014. Desenvolvimento do Milho Sobre Diferentes Manejos de Palhada, Sulcadores e Velocidades de Semeadura. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo* 13(2): 142–153. doi:10.18512/1980-6477/rbms.v13n2p142-153
- Trogello, E., A.J. Modolo, M. Scarsi, and R. Dallacort. 2013. Manejos de cobertura, mecanismos sulcadores e velocidades de operação sobre a semeadura direta da cultura do milho. *Bragantia* 72(1): 101–109. doi:10.1590/S0006-87052013005000016
- USDA, 2016. Crop Production 2015 Summary. United States Department of Agriculture, N.A.S.S., U.S. Government Printing Office, Washington, DC, pp. 1–99. <http://www.usda.gov/nass/PUBS/TODAYRPT/cropan16.pdf>
- Vianna, L.R., Â.V. dos Reis, and A.L.T. Machado. 2014. Desenvolvimento de dosador de sementes com dupla saída para disco horizontal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 18(10): 1086–1091. doi:10.1590/1807-1929/agriambi.v18n10p1086-1091
- Weirich Neto, P. H.; Justino, A.; Namur, R. T.; Domingues, J.; Garcia, L. C. Comparison of metering mechanisms of corn seed. *Engenharia Agrícola*, v.32, p.981-988, 2012.
- Yazgi, A., and A. Degirmencioglu. 2014. Measurement of seed spacing uniformity performance of a precision metering unit as function of the number of holes on vacuum plate. *Measurement* 56: 128–135. doi:10.1016/j.measurement.2014.06.026

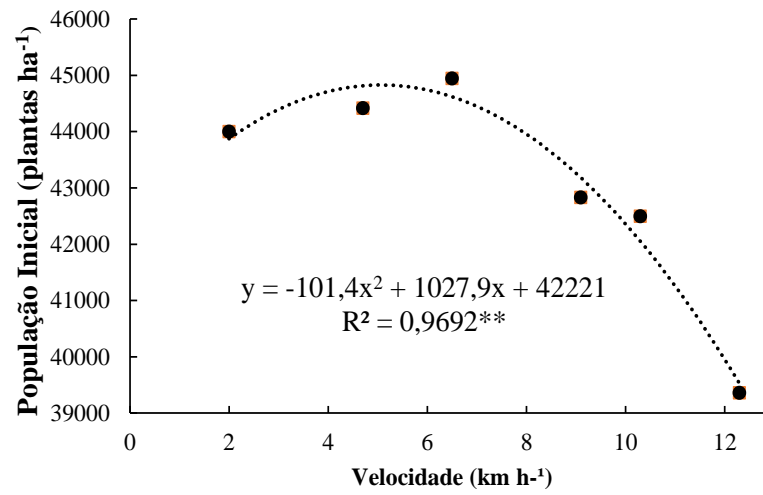
Zhan, Z., Yaoming, L., Jin, C., & Lizhang, X. Numerical analysis and laboratory testing of seed spacing uniformity performance for vacuum-cylinder precision seeder. *Biosystems engineering*, v. 106, n. 4, p. 344-351, 2010.

Zhao, M., Hu, Y., & Liu, Y. Measurement and analysis on vibration characteristics of pneumatic seed metering device of no-till seeder. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, v. 28, n. 1, p. 78-83, 2012.

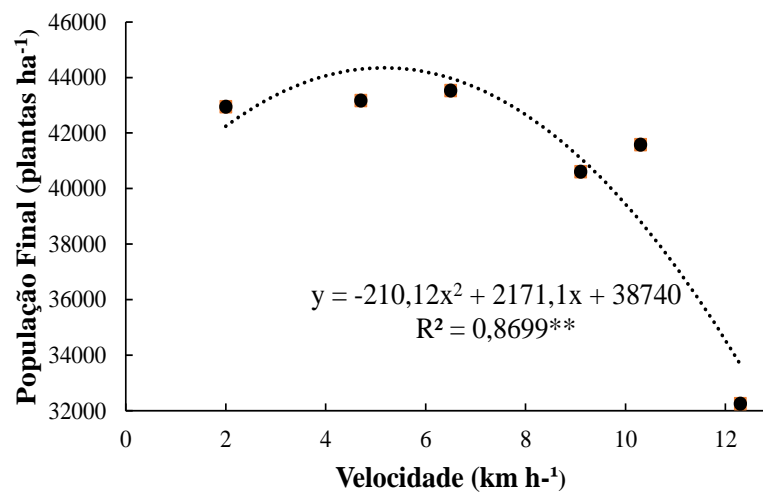
**Tabela 3.** População inicial e final, profundidade de sementes, espaçamentos normal, falho e duplo, e produtividade da cultura do milho nos dosadores e velocidades analisadas.

Tratamento	População		Profundidade (cm)	Espaçamento			Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
	Inicial (plantas ha <sup>-1</sup> )	Final		Normal	Falho (%)	Duplo	
Dosador (D)							
A	42361 b	40139 b	3,63 a	41,26 b	36,57 a	22,09 a	7112 b
B	43657 a	41222 a	3,54 a	64,92 a	28,13 b	6,92 b	7667 a
DMS (5%)	749	1062	0,28	3,26	2,32	2,07	496,28
Velocidade (km h <sup>-1</sup> )							
2,0	44000	42944	3,91	58,85	26,96	14,19	7524
4,7	44417	43167	3,53	57,19	28,98	13,83	7654
6,5	44944	43528	4,09	56,27	29,32	14,41	7444
9,1	42833	40611	3,35	52,18	35,26	12,5	7331
10,3	42500	41583	3,5	50,94	33,36	15,71	7570
12,3	39361	32250	3,17	43,12	40,25	16,4	6816
DMS (5%)	1928	2735	0,71	8,39	5,97	5,32	1277
Dosador (D)	12,40**	4,30*	0,44 <sup>ns</sup>	217,83**	54,72**	222,96**	5,19 <sup>†</sup>
Velocidade (V)	19,98**	44,65**	4,34**	8,57**	12,46**	1,25 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>
DxV	1,72 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	13,08**	10,47**	4,96**	0,44 <sup>ns</sup>
CV (%)	2,97	4,45	13,1	10,46	12,21	24,25	11,43

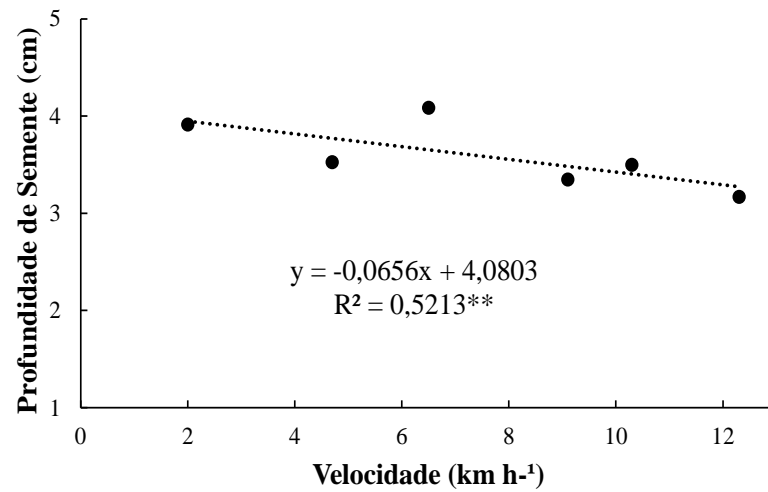
Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não-significativo. \* e \*\*Significativo pelo teste de F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.



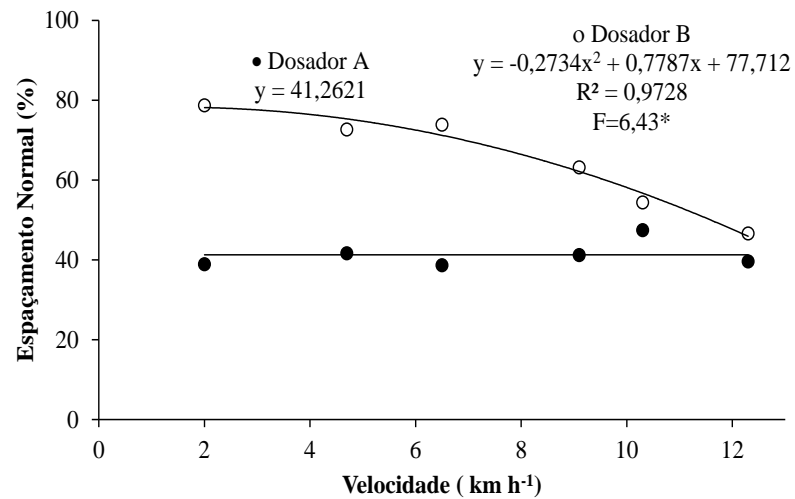
**Figura 7.** População inicial em função das velocidades.



**Figura 8.** População final em função das velocidades.



**Figura 9.** Profundidade de sementes em função das velocidades.



**Figura 10.** Espaços normais dosador A e B em função das velocidades.



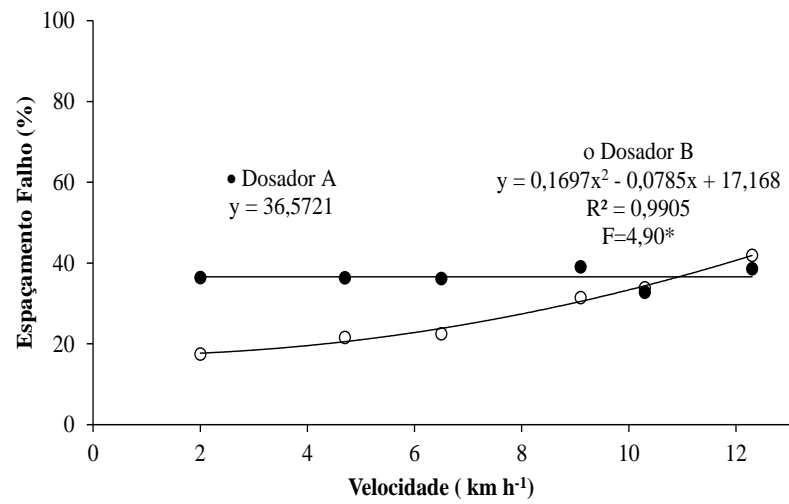


Figura 11. Espaços falhos dosador A e B em função das velocidades.

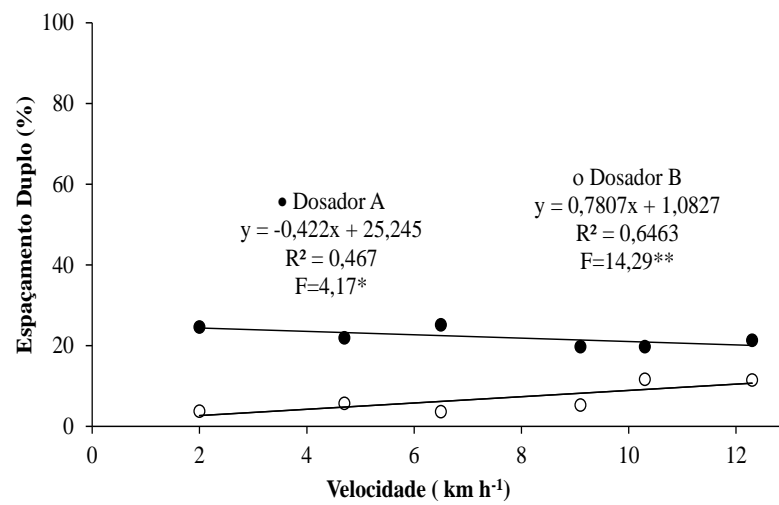


Figura 12. Espaços duplos dosador A e B em função das velocidades.

## CAPÍTULO 4

### MOBILIZAÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE SEMEADURA

#### RESUMO

O processo de semeadura pode ser afetada tanto pelas diferenças construtivas relacionadas à semeadora, condições morfológicas e climatológicas como também em função da velocidade de trabalho empregada. O desempenho dos componentes de abertura do sulco das semeadoras são fundamentais para obtenção de boas produtividades das lavouras de milho. Com isso objetivou-se avaliar a semeadura de milho com uma semeadora-adubadora pneumática, em função do comportamento do mecanismo de abertura dos sulcos nas diferentes velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora. O delineamento estatístico utilizado foi de blocos casualizados, com 6 velocidades médias de deslocamento, aproximadamente ( $V_1=2,0$ ;  $V_2=4,7$ ;  $V_3=6,5$ ;  $V_4=9,1$ ;  $V_5=10,3$  e  $V_6=12,3$   $\text{km h}^{-1}$ ), para a cultura do milho, com 4 repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. Foram avaliados parâmetros de mobilização de solo: largura e profundidade do sulco, área mobilizada do sulco e ângulo de abertura do sulco. Como características agronômicas foram avaliadas: número de dias para emergência de plântulas, população inicial e final de plântulas e produtividade de grãos. A área mobilizada, ângulo e profundidade do sulco ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão, enquanto que para a largura do sulco houve efeito linear crescente. As velocidades intermediárias apresentaram os maiores valores de área mobilizada e profundidade de sulco, assim, como também o menor valor de ângulo de sulco. Na velocidade de  $6,5$   $\text{km h}^{-1}$  ocorreu maior produtividade.

**Palavras-chave:** ângulo do sulco, características agronômicas, haste sulcadora.

### SOIL MOBILIZATION IN FUNCTION OF SOWING SPEED

#### ABSTRACT

The sowing process can be affected both by the constructive differences related to sowing, morphological and climatological conditions as well as the speed of work employed. The performance of the furrow opening components of the seeders are fundamental to obtaining good yields and productivity of corn crops. It objective of this study was to evaluate the sowing of maize with pneumatic seeder, as a function of the behavior of the furrow opening mechanisms at the different speed of tractor-seeder set. The statistical design was a randomized block with 6 displacement speed, approximately ( $V1 = 2.0$ ,  $V2 = 4.7$ ,  $V3 = 6.5$ ,  $V4 = 9.1$ ,  $V5 = 10.3$  and  $V6 = 12.3 \text{ km h}^{-1}$ ), for the maize crop, with 4 replicates, totalizing 24 experimental plots. Were evaluated soil mobilization parameters: width and depth of the furrow, mobilized area of the furrow and angle of furrow opening. As agronomic characteristics were evaluated: number of days for emergence of seedlings, initial and final population of seedlings and grain yield. The mobilized area, angle and depth of the groove were adjusted to the quadratic regression model, whereas for the groove width there was a linear effect. The intermediate speed presented the highest values of mobilized area and depth of furrow, as well as the lowest value of furrow angle, already at  $6.5 \text{ km h}^{-1}$  occurred the highest productivity.

**Key words:** furrow angle, agronomic characters, furrow rod.

## INTRODUÇÃO

O processo de semeadura exerce grande importante para a obtenção de altas produtividades e, conseqüentemente bons lucros ao produtor. Os aspectos mais relevantes para isso estão relacionados com o desempenho da semeadora-adubadora no que se refere ao corte eficiente dos resíduos culturais, à abertura do sulco e à colocação da semente e do fertilizante em profundidade correta e em contato com o solo (FRANCETTO et al., 2015).

Aliado a isso o uso de sistemas conservacionistas, entre eles a semeadura direta, as semeadoras adubadoras utilizadas sofreram alterações em todo seu processo de fabricação, tornando-as mais robustas, pesadas e com órgãos ativos de ataque ao solo capazes de romper camadas compactadas de solo ocasionadas pelo

intenso tráfego de máquinas, passando a exigir tratores com maior potência para tracioná-las (SILVEIRA et al., 2013).

O sistema plantio direto se baseia em três princípios básicos: revolvimento apenas na linha de semeadura, manutenção dos resíduos vegetais da cultura antecessora sobre a superfície do solo e rotatividade de culturas (MILAGRES et al., 2015). As semeadoras-adubadoras utilizam mecanismos sulcadores para promover abertura de sulco e possibilitar a deposição, no solo, das sementes e do adubo em profundidades adequadas para cada cultura, propiciando condições ideais de germinação e desenvolvimento inicial de plantas.

O processo de semeadura pode ser afetado tanto pelas diferenças construtivas relacionadas à semeadora, condições morfológicas e climatológicas como também em função da velocidade de trabalho utilizada. De acordo com Seki et al. (2012), na operação de semeadura a população e uniformidade de distribuição de plântulas são fatores que exercem grande influência na produção agrícola. Esses componentes podem ser afetados por muitas variáveis, a velocidade de operação da semeadora é uma das mais importantes (SANTOS et al., 2016).

A abertura do sulco, processo subsequente ao corte da palha, pode ser promovida pela utilização de discos duplos ou de hastes sulcadoras. Contudo, Mialhe (2012) destaca o fato de que, em semeadoras de semeadura direta, as características relativas ao comportamento dos mecanismos de abertura de sulco, de forma isolada dos demais componentes, são relativamente pouco estudadas.

O uso de hastes sulcadores para a deposição de fertilizantes em detrimento dos discos duplos cresceu entre os agricultores. Basicamente, pelo fato de que o mecanismo do tipo haste quebra melhor as camadas compactadas e funciona melhor em solos argilosos, reduzindo o desperdício de tempo e insumos (CONTE et al., 2009).

A possibilidade de romper as camadas superficiais compactadas do solo de forma localizada, induziu os agricultores a utilizarem hastes sulcadoras que podem atingir profundidades maiores, em alguns casos maiores que 0,20 m (BERTONHA et al., 2015). Seki et al. (2012) encontraram que as hastes sulcadoras promovem maior perturbação do solo que os discos duplos.

Dessa forma, o desempenho dos componentes de abertura do sulco das semeadoras adubadoras são fundamentais para obtenção de boa produtividade das lavouras milho, cultura essa de importância mundial com produção em torno de 1,1 bilhão de toneladas, sendo os Estados Unidos o maior produtor, com 384 milhões de toneladas, seguido pela China e Brasil, com 219 e 96 milhões de toneladas, respectivamente (USDA, 2017). No cenário nacional a produção é de 92,83 milhões de toneladas distribuídos em 17,5 milhões de hectares na safra 2015/2016 (CONAB, 2017). Sendo assim o estudo da velocidade de semeadura é justificado pelo fato de que estes podem influenciar o suporte final da planta e até a produtividade (CORTEZ et al, 2016).

Estudos sobre as influências da velocidade no formato de abertura dos sulcos para a acomodação das sementes ainda são escassos. Diante disso, objetivou-se com o trabalho avaliar a mobilização do solo em semeadura de milho com semeadora-adubadora pneumática, em função do seu comportamento nas diferentes velocidades de deslocamento do conjunto trator semeadora-adubadora.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Unesp/Jaboticabal, no estado de São Paulo, localizada em torno das coordenadas geodésicas 21°14'54" S e 48°16'51" W, com altitude média de 568 m e declividade média de 4%. Clima Aw (subtropical), de acordo com a classificação de Köppen adaptado por Alvares et al. (2013).

A caracterização física do solo foi realizada por meio de amostras a campo, em profundidade de 0 a 0,10 m, de acordo com metodologia proposta por EMBRAPA (2013). No momento da semeadura o teor de água no solo encontrava-se em torno de 22%. O solo da área foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, A moderado, textura argilosa e relevo suave ondulado,

A cultura do milho (*Zea mays* L.) foi implantada em área com 16 anos de Sistema Plantio Direto. Foi observada a existência de palha de milho e plantas daninhas em torno de 2470Kg $ha^{-1}$  de matéria seca sobre a superfície do solo.

Foi semeado o híbrido simples 30F35YH, em função das características da região e épocas de semeadura. Realizou-se adubação mineral, no sulco de semeadura, com  $350 \text{ kg ha}^{-1}$  da fórmula comercial (08-28-16), baseado em análise de solo realizada na área. A adubação de cobertura foi realizada quando as plantas de milho estiverem no estágio V4, utilizando-se  $120 \text{ kg de KCl ha}^{-1}$  e  $300 \text{ kg de Uréia ha}^{-1}$ .

Foi utilizado delineamento em blocos casualizados, com 6 velocidades médias de deslocamento ( $V1=2,0$ ;  $V2=4,7$ ;  $V3=6,5$ ;  $V4=9,1$ ;  $V5=10,3$  e  $V6=12,3 \text{ km h}^{-1}$ ), para a cultura do milho, com 4 repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. Selecionou-se as velocidades de acordo com o escalonamento de marchas alcançadas pelo conjunto trator semeadora-adubadora, com o intuito de avaliar três velocidades acima e duas abaixo da velocidade média de semeadura usada pela maioria dos agricultores. As parcelas constaram de  $30 \times 4 \text{ m}$  para a avaliação do conjunto mecanizando e utilizou-se  $5 \text{ m}$  das duas fileiras centrais ( $4,5 \text{ m}^2$ ) da parcela.

O experimento foi conduzido durante o período de janeiro a maio de 2015, com precipitação total de  $567,2 \text{ mm}$ . A temperatura máxima média no período foi de  $28,8^\circ\text{C}$ , e a temperatura mínima média foi de  $19,0^\circ\text{C}$ . A umidade relativa média foi  $80,3\%$ , oscilando entre  $70,5$  e  $87,7\%$ . Dados coletados na estação meteorológica da UNESP campus de Jaboticabal.

Utilizou-se um trator da Massey Ferguson modelo MF 7370 com potência de  $125 \text{ kW}$  ( $170 \text{ cv}$ ), em uma rotação de  $2000 \text{ rpm}$ , utilizado para tracionar um protótipo da semeadora adubadora da Jumil modelo 3070 pneumática Exacta Air, com espaçamento de  $0,90\text{m}$ , disco de corte liso de  $17''$ , mecanismo de abertura do sulco e deposição de adubo do tipo haste sulcadora, discos duplos desencontrados de  $14''$  para dosagem e deposição das sementes, respectivamente, rodas aterradoras-compactadoras duplas em "V". Equipada com sistema de controle de profundidade, composto por compressor de ar acionado eletricamente e por bolsas pneumáticas individuais em cada fileira de semeadura, as quais foram reguladas para trabalhar com pressão de  $300 \text{ kPa}$ .

Para a avaliação dos parâmetros de mobilização de solo no sulco realizou-se a abertura do mesmo manualmente até ser localizada a camada com maior

resistência, sendo possível modelar o sulco em forma de V, a seguir, foram avaliadas:

- Largura e profundidade do sulco: estas avaliações foram realizadas com a auxílio de perfilômetro constituído de 45 varetas, espaçadas de 1 cm e altura máxima de 30 cm. Ao fundo do perfilômetro colocou-se quadro de linhas na horizontal com espaçamento de 0,5 cm para facilitar a leitura, sendo a mesma analisada por imagens fotográficas. O posicionamento da extremidade superior das varetas copia a forma geométrica do sulco, podendo-se então realizar as leituras. A largura foi definida da primeira até a última vareta a qual, ao caírem no solo, apresentaram medidas distintas. A profundidade máxima foi definida pela média das três varetas que apresentaram maior medida.

- área mobilizada do sulco: após as leituras das imagens fotográficas os dados foram lançados em planilha eletrônica do programa Microsoft Excel®, em que se obteve a área da seção transversal de solo mobilizada pela haste sulcadora, em cm<sup>2</sup>, resultante da integral da regra dos trapézios proposto por Gomes-Ruggiero e Lopes (1996).

Área mobilizada (1)

$$\int f(x) = h/2 \{f(x_0) + 2[f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_{m-1})] + f(x_m)\}$$

em que,

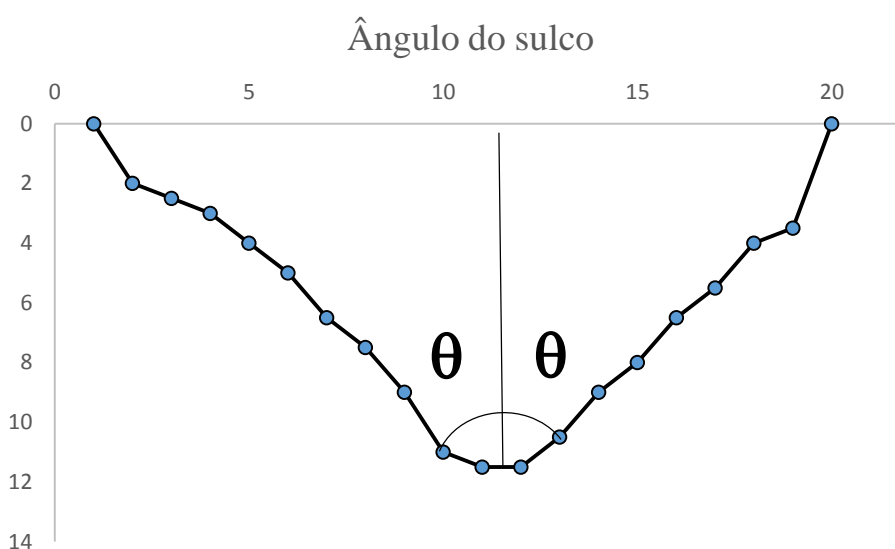
$\int$  = integral numérica para área mobilizada do solo,

h = distância entre as varetas do perfilômetro (1 cm),

x = valor das leituras das varetas (cm).

- Ângulo de abertura do sulco: para avaliar os ângulos de abertura do sulco (direito e esquerdo) utilizaram-se as mesmas imagens avaliadas para área mobilizada do solo. Para encontrar o ângulo de abertura do sulco, primeiramente deve-se saber que são dois ângulos considerando o centro do sulco (Figura 13), ou seja, ângulo direito e esquerdo. Observando-se as imagens do perfilômetro e tomando como base o maior valor de profundidade do sulco (centro do sulco), calcula-se a distância entre o valor maior de profundidade e o ponto (imaginário) que é a linha do ângulo. Em seguida, encontra-se o valor de altura entre o ponto máximo

de profundidade e o valor em que a linha imaginária do ângulo toca a ponta da vareta. Assim, forma-se um triângulo, por este triângulo é possível dividir o cateto oposto (a) pelo cateto adjacente (b), encontrando-se a tangente ( $\alpha$ ) e transformando-se para graus. O ângulo ( $\theta$ ) é calculado pelo ângulo de  $90^\circ$  menos o arco-tangente (em graus) calculado. Este método foi criado em função do proposto por Spoor e Godwin (1978), Godwin et al. (1984) e Smith et al. (1989), em que propõem que o sulco de semeadura deve apresentar dois ângulos de  $45^\circ$ , considerando como o ideal para a implantação de culturas. A partir desse pressuposto somou-se esses dois ângulos para compor o ângulo do sulco.



**Figura 13.** Composição do ângulo do sulco.

Características agronômicas avaliadas:

- Número médio de dias para emergência: foi realizada por meio de contagens diárias desde a primeira plântula emergida até a estabilização da contagem, em dez metros das duas linhas centrais, sendo cinco metros em cada linha, em todas as parcelas, calculando-se de acordo com a fórmula sugerida por Edmond e Drapala (1958).

- Produtividade: para esta avaliação, foram coletadas espigas da área útil de cada parcela e trilhadas com auxílio de trilhadora mecânica estacionária. Os grãos foram separados, pesados e os valores corrigidos para a base úmida de 13%, e os valores extrapolados para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

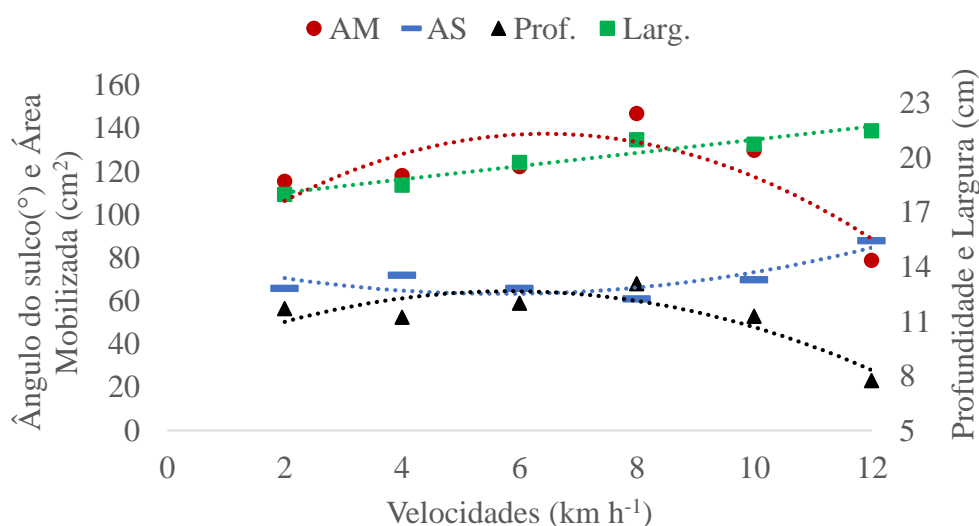


Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Anderson Darling e de normalidade de resíduos, demonstrando que os mesmos apresentaram comportamento normal. Após os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e submetidos à análise de regressão para verificar o comportamento das características em função das velocidades de semeadura, com o auxílio do programa estatístico AgroEstat (BARBOSA & MALDONADO, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os parâmetros avaliados apresentaram normalidade para os dados analisados, para a área mobilizada do solo, ângulo do sulco, profundidade e largura do sulco, foram confeccionados gráficos com o intuito de demonstrar e facilitar a discussão do funcionamento do mecanismo de abertura do sulco nas velocidades analisadas.

Conforme apresentado na Figura 14 a área mobilizada, ângulo e profundidade do sulco ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão com  $R^2$  de 0,67; 0,70 e 0,77 respectivamente (Equação 2), explicando que cerca de 70% da variação ocorrida nesses parâmetros podem ser explicados pela alteração da velocidade, enquanto que para a largura do sulco ( $R^2= 0,92$ ) houve efeito linear crescente.



**Figura 14.** Área mobilizada (AM); Ângulo do sulco (AS); Profundidade do sulco (Prof) e Largura do sulco (Larg) em função das velocidades.

**Equação 1.** Modelos de regressão ajustados

$AM = -1,5774x^2 + 20,323x + 72,018$	$AS = 0,5357x^2 - 6,0857x + 80,6$
$R^2 = 0,6739$	$R^2 = 0,7086$
$F=9,17^{**}$	$F=10,79^{**}$
$Larg-y = 0,3643x + 17,367$	$Prof = -0,1144x^2 + 1,3366x + 8,757$
$R^2 = 0,9213$	$R^2 = 0,7773$
$F=24,96^{**}$	$F=15,81^{**}$

A área mobilizada do solo e a profundidade do sulco apresentaram comportamento semelhante, os maiores valores na velocidade médias em torno de 5,5 a 6,5 km h<sup>-1</sup> com cerca de 146,87 cm<sup>2</sup> e 13,1 cm respectivamente, ou seja, houve decréscimo de 46,30% e 40,8%. Velocidades superiores a essa indicam que haverá uma redução da profundidade de abertura do sulco proporcionando assim menor área mobilizada. Silveira et al. (2013) constataram que a maior velocidade analisada (7,0 km h<sup>-1</sup>) houve menor profundidade do sulco, divergindo dos resultados encontrados, no qual foi observado efeito quadrático decrescente.

Alguns resultados semelhantes foram encontrados, porém, as velocidades analisadas foram abaixo das avaliadas no presente trabalho, Trogello et al. (2013) em diferentes manejos de cobertura vegetal encontraram diferença para área mobilizada nas velocidades de 4,5 e 7,0 km h<sup>-1</sup>. A área mobilizada foi influenciada pela variação da velocidade e pela profundidade, os resultados encontrados corroboram com Bellé et al. (2014) e Macedo et al., (2016), porém, divergem dos resultados encontrados por Francetto et al. (2015) que não encontraram efeito significativo e influência da velocidade sobre a área mobilizada.

Qualquer mecanismo de abertura de sulcos não pode ser limitado a uma única configuração e deve ter várias configurações de profundidade que melhor se adequem as velocidades empregadas e características físicas do solo.

A correta regulagem da semeadora adubadora para profundidade de semeadura assume grande importância neste parâmetro, para a aquisição de uma boa população inicial da cultura, respeitando as necessidades e características

fisiológicas de cada cultura, sendo mais rasas ou não em função das características da cultura utilizada (SEKI et al., 2012).

Francetto et al., (2015) trabalhando com diferentes mecanismos para abertura do sulco (haste e disco) observaram influência do tipo de sulcador na área mobilizada, sendo que o sulcador tipo haste proporcionou a maior movimentação, com cerca de 126 cm<sup>2</sup>. Esta situação foi devida à maior profundidade de trabalho utilizada para a haste, pela ação diferenciada entre os mecanismos para a abertura do sulco e pelas diferenças entre as características dimensionais dos elementos que interferem nas tensões de corte, cisalhamento e compactação que estes provocam no solo.

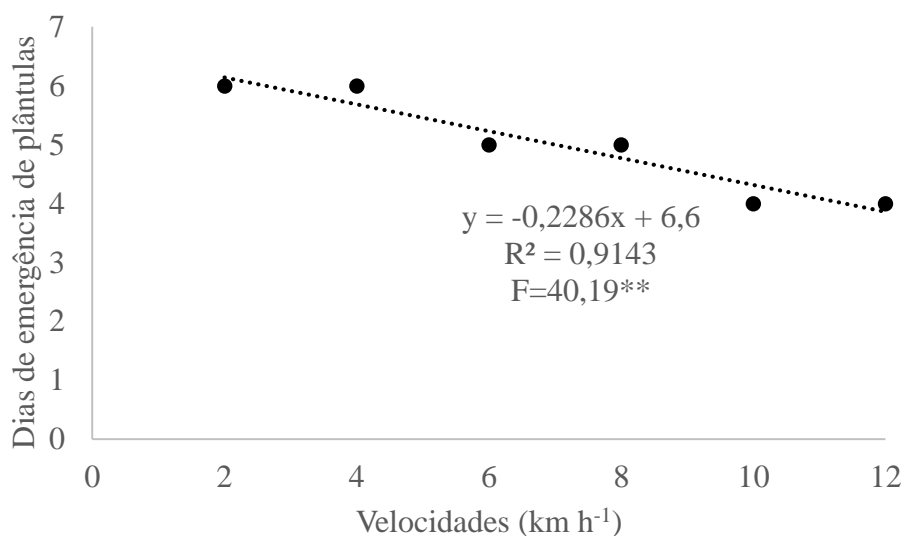
Para a largura do sulco constatou-se um incremento da menor velocidade 2,0 km h<sup>-1</sup> para a maior 12,3 km h<sup>-1</sup>, a menor largura encontrada foi de 18 cm para a menor velocidade e 21,5 cm para a maior de aproximadamente 16,5%. Conforme demonstrado na Figura 14 nota-se que a partir da velocidade 9,1 km h<sup>-1</sup> a profundidade do sulco diminui já a largura do sulco continua aumentando conforme a velocidade, devido a isso ocorreu diminuição também da área mobilizada.

Brandelero et al., (2014) verificaram que a ação dos mecanismos sulcadores depende das características da área (umidade do solo e de como a palhada é manejada) e que as diferenças obtidas na área mobilizada ocorreram devido às maiores profundidades e larguras dos sulcos, resultados também encontrados por Fallahi & Raoufat (2008).

Para o ângulo do sulco a velocidade média de 5,7 km h<sup>-1</sup> apresentou o menor ângulo (61°), para as velocidades superiores a essa houve um incremento de cerca de 31% nos valores de ângulo dos sulcos. Este parâmetro representa a faixa de solo em que a semente pode se acomodar, para posterior germinação e desenvolvimento. Conforme se aumentou a velocidade de semeadura ocorreu menor mobilização do solo e maior ângulo do sulco, indicando assim maior irregularidade no formato dos sulcos.

As sementes no deslocamento do dosador ao mecanismo de abertura do sulco, percorrem uma trajetória que depende da conformação do tubo condutor, exercendo movimentação vertical e horizontal, na qual perde energia devido ao atrito com as paredes da tubulação e contato grãos contra grão (MIALHE, 2012).

O número médio de dias para a emergência de plântulas ajustou-se melhor ao modelo de regressão polinomial linear decrescente com  $R^2$  de 0,91 (Figura 15). A (2 km h<sup>-1</sup>) apresentou a maior média de dias para germinação em torno de 6 dias, conforme se aumentou a velocidade a média de dias caiu para 4 dias para a velocidade (12 km h<sup>-1</sup>). Neto e Lopes (2012) observaram que todas as plantas emergiram no período entre 5 e 10 dias após a sementeira, os mesmos relataram que o menor número médio de dias encontrados foi devido o melhor contato solo/semente.



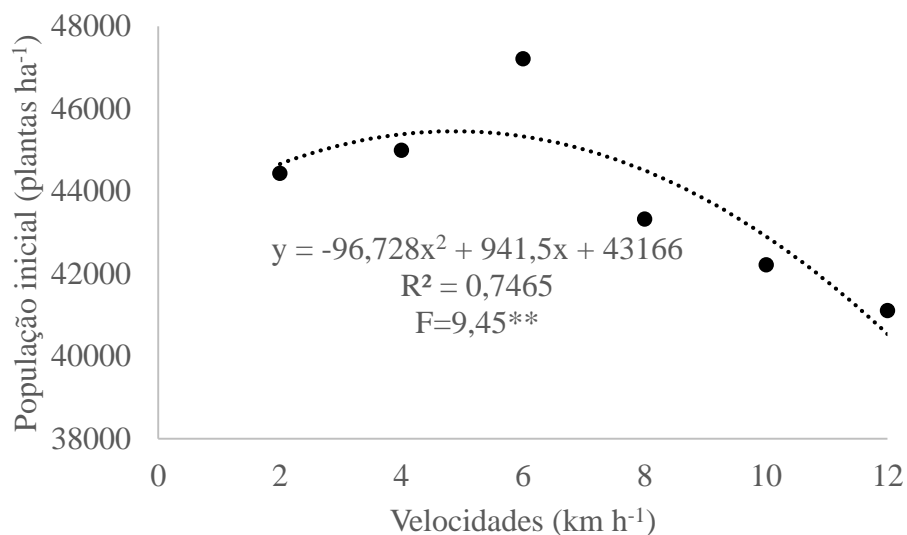
**Figura 15.** Dias de emergência em função das velocidades.

O número médio de dias para emergência de plântulas divergiu dos resultados encontrados por Conceição et al., (2014) que relataram que o maior número de dias de emergência de plântulas foi ocasionado pela maior profundidade de deposição das sementes.

Para a população inicial de plantas o modelo de regressão polinomial quadrática melhor se ajustou aos dados analisados ( $R^2 = 0,75$ ). A velocidade de 4,8 km h<sup>-1</sup> conforme decomposição da equação, apresentou a maior população inicial de plantas com 47.222 plantas ha<sup>-1</sup>, entre as velocidades 6,5 para 12,3 km h<sup>-1</sup> houve um decréscimo de cerca de 13% (Figura 16).

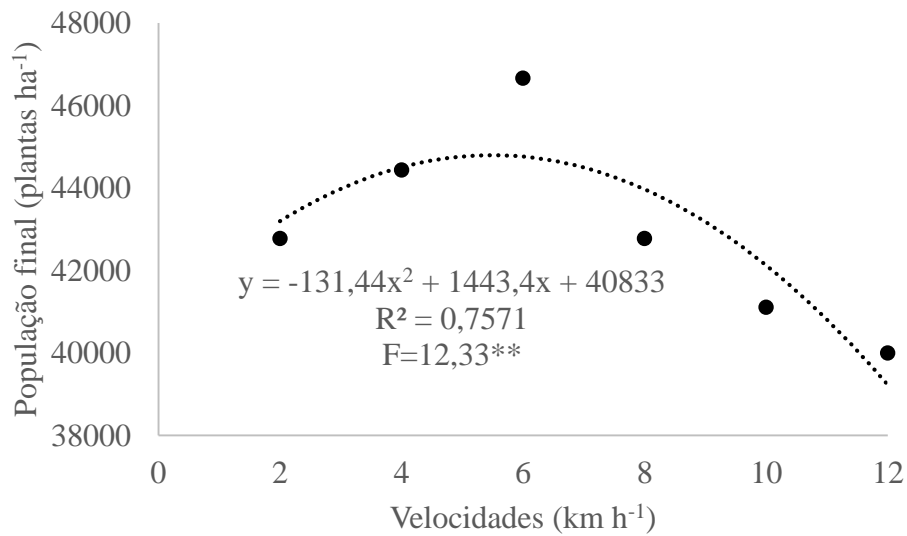
A velocidade de sementeira influenciou a população de plantas, sendo melhor à velocidade de 5,5 km h<sup>-1</sup> alcançou maior população, o que resultou em

modelo de ajuste quadrático na regressão (CORTEZ et al, 2016). A cultura tem como característica baixa plasticidade morfológica e fenológica, por isso a manutenção de um estande adequado de plantas é importante na cultura do milho uma vez que a mesma apresenta grande dependência da população ideal para maximizar o rendimento (TOKATLIDIS & KOUTROUBAS, 2004).



**Figura 16.** População inicial de planta sem função das velocidades.

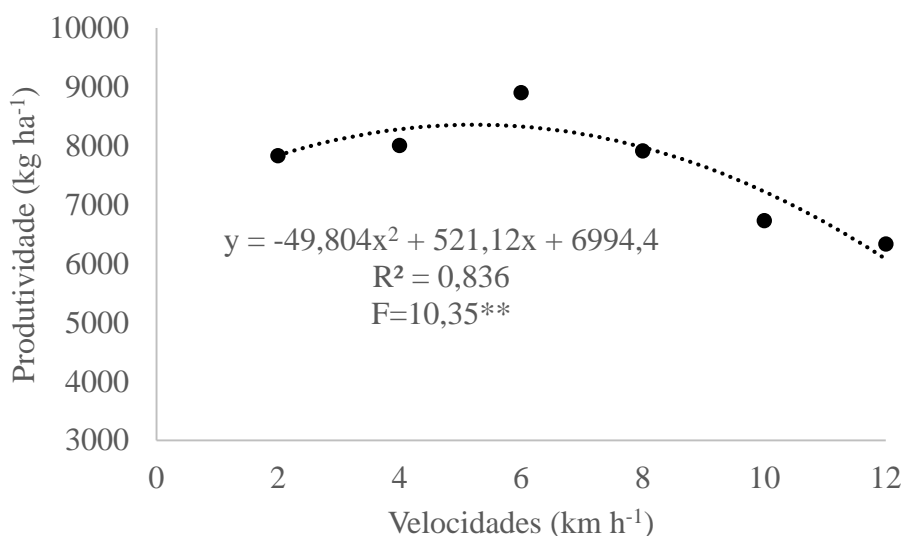
Para a população final (Figura 17) observou-se comportamento semelhante ao da inicial na qual a velocidade média de 6,5 km h<sup>-1</sup> apresentou maior número de plantas por hectare (46.666) e a velocidade 12,3 km h<sup>-1</sup> a menor população final com 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>, aproximadamente 14,5% de decréscimo da população da velocidade 6,5 para 12,3 km h<sup>-1</sup>, o índice de sobrevivência da população inicial para a final variou em torno de 4% para todas as velocidades analisadas.



**Figura 17.** População final de plantas em função das velocidades.

Para a produtividade o modelo de regressão polinomial que melhor se ajustou foi o quadrático com  $R^2$  de 0,83, demonstrando que 83% da variação existente é em função da velocidade empregada. A velocidade média de 5,2 km h<sup>-1</sup> apresentou maior produtividade em torno de 8.902 kg ha<sup>-1</sup>, de acordo com o aumento da velocidade houve decréscimo da produtividade em torno de 29% (Figura 18).

Resultados semelhantes foram encontrados Cortez et al., (2016), que avaliando soja constataram que velocidades na faixa de trabalho (5 a 7 km h<sup>-1</sup>) favorecem produtividades mais elevadas, melhorando o número de vagens por planta e não afetam a população de plantas.



**Figura 18.** Produtividade do milho em função das velocidades.

O aumento da profundidade dos sulcos provocados pelas hastes sulcadoras das semeadoras adubadoras para quebrar de forma localizada as camadas compactadas na superfície é uma maneira que também pode estimular o desenvolvimento da raiz e reduzir os efeitos da compactação do solo sobre a produtividade do milho (CONTE et al. 2009). O mecanismo de sulco do tipo haste, em comparação com o uso de disco duplo, pode favorecer o aumento da produtividade de grãos (KANEKO et al., 2010).

As características agronômicas da população de plantas assim como a área mobilizada do solo apresentaram comportamento semelhante (efeito quadrático) com as velocidades intermediárias com os melhores parâmetros, refletindo do mesmo modo na produtividade de grãos, este fato pode ser explicado devido a maior desagregação do solo, melhorando assim as condições para uma boa germinação das sementes permitindo também adequada exposição a luz, temperatura e umidade.

## CONCLUSÕES

A velocidade médias de 5,5 a 6,5 km h<sup>-1</sup> apresentaram maior área mobilizada e profundidade de sulco, assim, como também o menor ângulo de sulco.

As velocidades intermediárias proporcionaram desempenho mais adequado do mecanismo de abertura do suco refletindo assim, na média ideal de número de dias de emergência da cultura e nas maiores produtividades.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., DE MORAES, G., LEONARDO, J., & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BELLÉ, M. P.; ALONÇO, A. dos S.; FRANCETTO, T. R.; ROSSATO, F. P.; FRANCK, C. J.; CARPES, D. P. Demanda energética e mobilização do solo com o uso de escarificadores em sistemas de semeadura direta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n. 5, p. 551-558, 2014.

BERTONHA, R. S.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, V. F. A.; CHIODEROLI, C. A. Fuel demand as a function of furrow openers and soil conditions in no-till system. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, p. 1266-1272, 2015.

BRANDELERO, E. M., ARAÚJO, A. G., & RALISCH, R. Mobilização do solo e profundidade de semeadura por diferentes mecanismos para o manejo do sulco de semeadura em uma semeadura direta. **Engenharia Agrícola**, v. 34, p. 254-262, 2014.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: 2016/2017, maio 2017. – Brasília: Conab, 2017. Available at [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_08\\_09\\_12\\_08\\_19\\_boletim\\_graos\\_agosto\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_08_09_12_08_19_boletim_graos_agosto_2016.pdf) (accessed September 2016).

CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; XAVIER, A. A. P.; DEBIASI, H. Demanda de tração, mobilização do solo na linha de semeadura e rendimento da soja, em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1254-1261, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009001000007>



CORTEZ, J. W., CHAVES, R. G., ORLANDO, R. C., SOUZA, C., & SOUZA, P. H. D. Penetration resistance and agronomic characteristics of soybean affected by soil management and sowing speed systems. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 4, p. 664-672, 2016.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. L. The effects of temperature, sand and soil acetone on germination of okra seed. **Proceedings...** American Society for Horticultural Science, Alexandria, v. 71, p.428-434, 1958.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília, 2013. 353 p.

FALLAHI, S.; RAOUFAT, M.H. Row-crop planter attachments in a conservation tillage system: A comparative study. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.1, n.98, p.27-34, 2008.

FRANCETTO, T. R., ALONÇO, A. D. S., BELLÉ, M. P., FRANCK, C. J., & CARPES, D. P. Comportamento operacional de associações entre sulcadores e discos de corte para sistema de semeadura direta. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 542-554, 2015.

GODWIN, R.J., SPOOR, G., SOOMRO, M.S., 1984. The effect of tine arrangement on soil forces and disturbance. **J. Agric. Eng. Res.** 30, 47-56.

GOMES-RUGGIERO, M. A.; LOPES, V. L. R. (1996). "Calculo Numérico: Aspectos Teóricos e Computacionais." – Editora Makron Books, Rio de Janeiro – RJ, 2ª. Edição, págs. 326-339.

KANEKO, F. H., ARF, O., GITTI, D. D. C., ARF, M., FERREIRA, J. P., & BUZETTI, S. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, p. 125-133, 2010.

MACEDO, D. X., NICOLAU, F. E. D. A., DO NASCIMENTO, H. C., COSTA, E., CHIODEROLI, C. A., & LOUREIRO, D. R. Operational performance of a tractor-seeder according to the velocity and working depth. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 280-285, 2016.

MIALHE, L. G. Máquinas agrícolas para plantio. Campinas, 2012. 623 p.

MILAGRES, R. S., JÚNIOR, M. R. F., DA SILVA, A. C., & FONTES, J. M. Desempenho de um conjunto trator-semeadora-adubadora em função do mecanismo sulcador e velocidade de deslocamento. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 23, n. 2, p. 143, 2015.

PINHEIRO NETO, H. W., & LOPES, A. R. Emergence of corn according to the sowing depth of the seed and loads on press wheels. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 2, p. 326-332, 2012.

SANTOS, V. C. D., DOS SANTOS, P. R., LIMA, I. O., PEREIRA, V. R., GONÇALVES, F. R., & CHIODEROLI, C. A. Performance of a seeder according to the displacement velocity and furrowing mechanism for fertilizer deposition. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 286-291, 2016.

SEKI, A. S.; BENEZ, S. H.; SILVA, P. R. A. Desempenho operacional da semeadora e produtividade do milho em plantio direto e cultivo mínimo. **Revista Energia na Agricultura**, v.27, p.1-18, 2012. <http://dx.doi.org/10.17224/EnergAgric.2012v27n1p01-18>

SMITH D.L.O., GODWIN, R.J., SPOOR, G., 1989. Modelling soil disturbance due to tillage and traffic. In: Larson, W.E., Blake, G.R., Allmaras, R.R., Voorhees, W.B., Gupta, S.C. (Eds.). **Mechanics and related processes in structured agricultural soils**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. pp. 121–136.

SPOOR, G., GODWIN, R.J., 1978. An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. **J. Agric. Eng. Res.** 23, 243–258.

TOKATLIDIS, I. S.; KOUTROUBAS, S. D. A review of maize hybrids' dependence on high plant populations and its implications for crop yield stability. **Field Crops Research**, v.88, p.103- 114, 2004.

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; SCASI, M.; DALLACORT, R. Manejos de cobertura, mecanismos sulcadores e velocidades de operação sobre a semeadura

direta da cultura do milho. **Bragantia**, v.72, p.101- 109, 2013a.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052013005000016>

USDA. 2016. United States Department Of Agriculture. World agricultural production. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 28 de março, 2017.

## CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A velocidade de semeadura exerce grande influência na qualidade do processo de semeadura, porém, diversos autores analisaram uma estreita faixa de velocidade, em torno de 4 a 9 km h<sup>-1</sup> (GARCIA et al., 2008; CORTEZ et al., 2008; FURLANI et al., 2013; TROGELLO et al., 2013 e 2014), diferente do presente trabalho no qual se analisou ampla faixa de velocidade com o intuito de verificar os mecanismos distribuidores de sementes atuais no mercado. Nesse sentido de acordo com os resultados apresentados, considerou-se que:

O Controle Estatístico do Processo oferece resultados interessantes e confiáveis para avaliação da qualidade do processo de semeadura, auxiliando o produtor a resolver problemas pontuais relacionados a possíveis falhas que ocorrem durante as operações, falhas estas explicadas pelos fatores 6m's (máquinas, mão de obra, meio ambiente, método, materiais, medição).

A semeadura é diretamente afetada por fatores edafoclimáticos, interferindo assim no desempenho das máquinas, necessitando da realização de regulagens constantes e escolha do equipamento e técnicas de uso mais adequadas para cada propriedade,

A escolha da semeadora adubadora apropriada passa pela escolha de cada componente da mesma, desde o mecanismo de corte da palhada, assim, como o mecanismos de abertura de sulco, distribuição de sementes e fechamento do sulco, acomodando a semente de forma correta.

A cultura do milho apresenta resultados não satisfatórios quando submetidas a competição intraespecífica entre as plantas, sendo assim, de extrema importância o desempenho dos mecanismos de abertura de sulco e distribuição de sementes, para que as sementes sejam depositadas em profundidades e espaçamentos preconizados.

Tanto o mecanismo de abertura do sulco como o dosador de sementes são influenciados pela velocidade de deslocamento do conjunto trator semeadora adubadora, além disso, os mecanismos de abertura do sulco é influenciado pelas condições do solo umidade e características dos mesmos. A semente depositada em profundidades inadequadas e não cobertas de forma correta provocam falhas na

germinação e conseqüentemente afetando a população de plantas e produtividade, provocando assim prejuízos ao produtor.

Assim como quando semeadas com espaçamentos incorretos entre plantas, acarretam características agronômicas das plantas abaixo dos níveis aceitáveis, devido a maior competição entre as plantas por nutriente e absorção de raios solares.

Demonstrando ser de extrema importância a escolha da semeadora adubadora com mecanismos de abertura de sulco e distribuição de sementes eficientes, além da realização de regulagens adequadas.