

VICTÓRIA VIANA SILVA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE SEMENTES EM FUNÇÃO
DA VELOCIDADE DE TRABALHO POR MEIO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE
PROCESSO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Marconi Ribeiro Furtado Júnior

Coorientador: Haroldo Carlos Fernandes

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

V586a
2022
Silva, Victória Viana, 1996-
Avaliação da qualidade de distribuição de sementes em
função da velocidade de trabalho por meio do controle estatístico
de processo. / Victória Viana Silva. – Viçosa, MG, 2022.
1 dissertação eletrônica (70 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Marconi Ribeiro Furtado Junior.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Agrícola, 2022.

Referências bibliográficas: f.64-70.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.227>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Sementes - Dispersão - Métodos estatísticos. 2. Feijão -
Semente. 3. Soja - Semente. I. Junior, Marconi Ribeiro Furtado,
1987-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola. III. Título.

CDD 22. ed. 633.3

VICTÓRIA VIANA SILVA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE SEMENTES EM FUNÇÃO
DA VELOCIDADE DE TRABALHO POR MEIO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE
PROCESSO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 23 de fevereiro de 2022.

Assentimento:



Victória Viana Silva

Autora



Marconi Ribeiro Furtado Júnior
Orientador

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter guiado e abençoado meu caminho nessa jornada, e ter me dado saúde e força para superar os obstáculos.

Aos meus pais, Carmelina e Gilson, por todo amor, carinho, incentivo e esforço para garantir a minha educação ao longo da vida e formação.

Ao meu irmão, Jordan, pelo amor, apoio e auxílio durante minha trajetória.

Ao Thállys, pelo amor, apoio e companheirismo diante das dificuldades.

Aos familiares que me apoiaram e torceram pelo meu sucesso.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola por todo conhecimento adquirido e difundido, pelo suporte e por ceder laboratórios e equipamentos necessários para a realização deste trabalho.

Aos amigos que fiz ao longo da vida, na cidade de Viçosa, MG e na pós-graduação pelo companheirismo e convivência, especialmente a Beatriz, Charles, Poliana, Hugo, Márcio e Kleber pelo auxílio no experimento e trocas de experiência.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelo conhecimento repassado.

Ao meu orientador e professor Marconi Ribeiro Furtado Júnior, pela orientação, disposição, compreensão, e conhecimentos transmitidos.

Ao professor Haroldo Carlos Fernandes por contribuir e auxiliar no desenvolvimento deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta conquista.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

BIOGRAFIA

VICTÓRIA VIANA SILVA, filha de Gilson Pereira Silva e Carmelina Rodrigues Viana Silva, nasceu no dia 05 de outubro de 1996 na cidade de Januária, Minas Gerais.

Em 2013, concluiu o ensino médio pelo Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, *Campus* Januária, em Januária, Minas Gerais.

Em 2014, iniciou o curso de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental pelo Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, *Campus* Januária, em Januária, Minas Gerais, graduando-se em 2019.

Em 2020, exerceu o cargo de professora no Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, *Campus* Januária, em Januária, Minas Gerais, dando encerramento ao cargo no mesmo ano.

Em 2020, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, na área de concentração em Mecanização Agrícola, a nível de Mestrado.

Em fevereiro de 2022, submeteu-se à defesa de dissertação, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

RESUMO

SILVA, Victória Viana, M.Sc, Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2022. **Avaliação da qualidade de distribuição de sementes em função da velocidade de trabalho por meio do controle estatístico de processo.** Orientador: Marconi Ribeiro Furtado Júnior. Coorientador: Haroldo Carlos Fernandes.

A distribuição de sementes é uma das características da semeadura que mais influenciam no estande de plantas e conseqüentemente na produtividade das culturas, por esse motivo é importante que haja estudos dos fatores que possam afetar a qualidade da distribuição de sementes. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho analisar a qualidade da distribuição de sementes em função de diferentes velocidades de semeadura, por meio do controle estatístico de processo. Para isso, foram montados dois experimentos, um com feijão e outro com soja, com o esquema de parcelas subdivididas no delineamento inteiramente casualizado com três repetições, onde foi realizado o ensaio com uma semeadora-adubadora pneumática para a avaliação da distribuição longitudinal de sementes, com a medição de 250 espaçamentos entre sementes no campo, nas velocidades de semeadura de 5, 8 e 10 km h⁻¹. Além disso, foi verificada a uniformidade da distribuição de sementes entre as linhas de semeadura. Assim, com os dados obtidos foram determinados o espaçamento médio entre sementes, o número de sementes por metro linear, o coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes, a classificação dos espaçamentos em aceitáveis, falhos e duplos e o índice de precisão de semeadura. Por fim, foram elaborados histogramas e cartas de controle para verificar a estabilidade do processo de semeadura nas diferentes velocidades. As linhas de semeadura não apresentaram efeito significativo sobre a distribuição longitudinal das sementes de feijão e soja, porém, a velocidade de operação apresentou efeito significativo sobre o coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes de feijão e sobre a distribuição longitudinal das sementes de soja. Para a cultura da soja, o acréscimo da velocidade de semeadura proporcionou o aumento dos espaçamentos falhos, dos espaçamentos entre sementes e do seu coeficiente de variação, além da redução do número de sementes por metro linear e dos espaçamentos aceitáveis. Para o feijão, o incremento da velocidade ocasionou o aumento do coeficiente de

variação dos espaçamentos entre sementes. O índice de precisão de semeadura do feijão apresentou maiores porcentagens com o aumento da velocidade, e para a soja foi encontrado o maior índice na semeadura a 8 km h^{-1} , seguido das velocidades de 10 e 5 km h^{-1} . Em todos os casos o índice de precisão de semeadura se mostrou satisfatório por estar abaixo de 29%. Para ambas as culturas, a semeadura em todas as velocidades não estava sob controle estatístico, porém a variabilidade das observações reduziu com a diminuição da velocidade, de modo que a semeadura na velocidade de 5 km h^{-1} apresentou menor variabilidade, tendo melhor desempenho. Assim, com o aumento da velocidade foi reduzida a uniformidade da distribuição de sementes e conseqüentemente a qualidade do processo de semeadura.

Palavras-chave: Uniformidade de distribuição de sementes. Velocidade de semeadura. Controle estatístico de processo.

ABSTRACT

SILVA, Victória Viana, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2022. **Evaluation of the quality of seed distribution as function of work speed through statistical process control.** Adviser: Marconi Ribeiro Furtado Júnior. Co-adviser: Haroldo Carlos Fernandes.

The distribution of seeds is one of the characteristics of sowing that most influence the plant stand and consequently the productivity of crops, for this reason it is important to have studies of the factors that can affect the quality of seed distribution. Therefore, the objective of this work was to analyze the quality of seed distribution as a function of different sowing speeds, through statistical process control. For this, two experiments were set up, one with beans and the other with soybeans, with a split-plot scheme in a completely randomized design with three replications, where the test was carried out with a pneumatic seeder-fertilizer to evaluate the longitudinal distribution of seeds, with the measurement of 250 spacings between seeds in the field, at sowing speeds of 5, 8 and 10 km h⁻¹. In addition, the uniformity of seed distribution between the sowing lines was verified. Thus, with the data obtained, the average spacing between seeds, the number of seeds per linear meter, the coefficient of variation of the spacings between seeds, the classification of spacings as acceptable, flawed and doubles and the sowing precision index were determined. Finally, histograms and control charts were prepared to verify the stability of the sowing process at different speeds. Sowing lines had no significant effect on the longitudinal distribution of bean and soybean seeds, however, the operating speed had a significant effect on the coefficient of variation of the spacings between bean seeds and on the longitudinal distribution of soybean seeds. For soybean, the increase in sowing speed provided an increase in faulty spacing, spacings between seeds and their coefficient of variation, in addition to reducing the number of seeds per linear meter and acceptable spacings. For beans, the increase in speed caused an increase in the coefficient of variation of the spacings between seeds. The bean sowing precision index showed higher percentages with increasing speed, and for soybean the highest index was found at sowing at 8 km h⁻¹, followed by speeds of 10 and 5 km h⁻¹. In all cases, the sowing precision index was satisfactory, as it was below 29%. For both crops, sowing at all

speeds was not under statistical control, but the variability of observations decreased with decreasing speed, so that sowing at 5 km h⁻¹ showed less variability, having better performance. Thus, with the increase in speed, the uniformity of seed distribution was reduced and, consequently, the quality of the sowing process.

Keywords: Seed distribution uniformity. Seeding speed. Statistical process control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Semeadora-adubadora Jumil.....	28
Figura 2 - Dimensões lineares de uma semente.....	29
Figura 3 - A – Espaçamento entre sementes de feijão; B – Espaçamento entre sementes de soja.....	33
Figura 4 - Espaçamento médio entre sementes em função da velocidade de semeadura.....	41
Figura 5 - Valores médios do número de sementes por metro linear em função da velocidade de semeadura.....	43
Figura 6 - Coeficiente de variação médio dos espaçamentos entre sementes em função da velocidade de semeadura.....	44
Figura 7 - Classificação dos espaçamentos entre sementes de feijão em função da velocidade de semeadura.....	46
Figura 8 - Classificação dos espaçamentos entre sementes de soja em função da velocidade de semeadura.....	47
Figura 9 - Índice de precisão de semeadura médio em função da velocidade de operação.....	49
Figura 10 - Cartas de controle de média e amplitude dos espaçamentos entre sementes de feijão em função da velocidade de 5 km h ⁻¹	51
Figura 11 - Cartas de controle de média e amplitude dos espaçamentos entre sementes de feijão em função da velocidade de 8 km h ⁻¹	52
Figura 12 - Cartas de controle de média e amplitude dos espaçamentos entre sementes de feijão em função da velocidade de 10 km h ⁻¹	52
Figura 13 - Cartas de controle de média e amplitude do número de sementes de feijão por metro linear em função da velocidade de 5 km h ⁻¹	54
Figura 14 - Cartas de controle de média e amplitude do número de sementes de feijão por metro linear em função da velocidade de 8 km h ⁻¹	54

Figura 15 - Cartas de controle de média e amplitude do número de sementes de feijão por metro linear em função da velocidade de 10 km h ⁻¹	55
Figura 16 - Cartas de controle de média e amplitude dos espaçamentos entre sementes de soja em função da velocidade de 5 km h ⁻¹	57
Figura 17 - Cartas de controle de média e amplitude dos espaçamentos entre sementes de soja em função da velocidade de 8 km h ⁻¹	58
Figura 18 - Cartas de controle de média e amplitude dos espaçamentos entre sementes de soja em função da velocidade de 10 km h ⁻¹	58
Figura 19 - Cartas de controle de média e amplitude do número de sementes de soja por metro linear em função da velocidade de 5 km h ⁻¹	60
Figura 20 - Cartas de controle de média e amplitude do número de sementes de soja por metro linear em função da velocidade de 8 km h ⁻¹	60
Figura 21 - Cartas de controle de média e amplitude do número de sementes de soja por metro linear em função da velocidade de 10 km h ⁻¹	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos espaçamentos entre sementes e seus respectivos intervalos.....	34
Tabela 2 - Valores médios das características físicas das sementes de feijão e soja.	37
Tabela 3 - Resumo da análise de variância da distribuição longitudinal de sementes de feijão em função da velocidade de operação e linhas de semeadura.	38
Tabela 4 - Resumo da análise de variância da distribuição longitudinal de sementes de soja em função da velocidade de operação e linhas de semeadura.	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	17
2.1. Objetivo geral	17
2.2. Objetivos específicos.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1. Características gerais e econômicas das culturas do feijão e da soja.....	18
3.2. Semeadoras	19
3.3. Uniformidade de distribuição de sementes.....	20
3.4. Mecanismos dosadores de sementes	22
3.4.1. Dosador de sementes pneumático.....	22
3.5. Velocidade de semeadura	24
3.6. Controle estatístico de processo	25
4. MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1. Caracterização de sementes	28
4.1.1. Dimensões lineares das sementes.....	29
4.1.2. Esfericidade das sementes	29
4.1.3. Área projetada das sementes	30
4.1.4. Massa de mil sementes.....	30
4.1.5. Massa específica unitária.....	31
4.1.6. Teor de água das sementes.....	32
4.2. Ensaio com a semeadora	32
4.2.1. Distribuição longitudinal de sementes	32
4.2.2. Coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes	34
4.2.3. Espaçamento médio entre sementes	35
4.2.4. Taxa de distribuição de sementes por metro linear.....	35

4.2.5.	Índice de precisão de semeadura	35
4.3.	Delineamento experimental e análise estatística.....	36
4.4.	Elaboração das cartas de controle	36
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1.	Caracterização de sementes	37
5.2.	Avaliação da distribuição longitudinal de sementes	37
5.2.1.	Feijão	37
5.2.2.	Soja.....	39
5.2.3.	Espaçamento médio entre sementes	41
5.2.4.	Taxa de distribuição de sementes por metro linear.....	42
5.2.5.	Coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes	44
5.2.6.	Classificação dos espaçamentos entre sementes	45
5.2.6.1.	Feijão	45
5.2.6.2.	Soja.....	47
5.2.7.	Índice de precisão de semeadura	49
5.2.8.	Cartas de controle.....	50
5.2.8.1.	Feijão	51
5.2.8.2.	Soja.....	57
6.	CONCLUSÕES.....	63
7.	BIBLIOGRAFIA.....	64

1. INTRODUÇÃO

A utilização de máquinas e implementos agrícolas tem a finalidade de melhorar a qualidade das operações no campo, fazendo com que as condições do solo sejam favoráveis à germinação e crescimento das plantas e conseqüentemente obter o aumento de produtividade, além de tornar o trabalho dos operadores menos árduo e poder reduzir os custos de produção. Das máquinas agrícolas existentes, a semeadora pode ser considerada como uma das mais importantes, visto que pode ser utilizada no plantio mecanizado, que é uma das principais etapas para que uma cultura seja implantada com êxito.

As semeadoras são máquinas que dosam sementes e as depositam no solo para a implantação de culturas, além disso, possuem a função de armazenar as mesmas, preparar o solo para o seu recebimento e realizar o acabamento cobrindo a semente com o solo ao final do processo. Tratando-se da forma de distribuição de sementes, são utilizadas basicamente dois tipos de semeadoras, a de precisão, em que normalmente as sementes são dosadas individualmente tendo o controle do espaçamento entre linhas e entre sementes, e a de fluxo contínuo, em que não há a individualização das sementes e as mesmas são distribuídas em linha, assim há precisão do espaçamento entre linhas, porém não há controle do espaçamento entre sementes.

O estande de plantas pode ser influenciado por diferentes fatores relacionados ao processo de semeadura, entre eles a distribuição longitudinal de sementes pode ser considerada como uma das que mais influenciam, pois se realizada de maneira uniforme contribui para que se tenha o estande ideal, o que conseqüentemente torna possível atingir melhores produtividades. A estabilidade da distribuição longitudinal de sementes, em semeadoras de precisão, pode ser avaliada por meio do coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes e pela classificação dessa distribuição segundo o espaçamento de referência estabelecido durante a regulação da semeadora, sendo a classificação dividida em espaçamentos aceitáveis (entre 0,5 e 1,5 vezes o espaçamento de referência), falhos (maior que 1,5 vezes o espaçamento de referência) e duplos (menor que 0,5 vezes o espaçamento de referência) (KURACHI et al., 1989).

A falta de uniformidade na distribuição de sementes pode fazer com que durante o processo de semeadura ocorram espaçamentos falhos e duplos. Dessa forma, os espaçamentos falhos, em razão dos espaços vazios, são favoráveis ao aparecimento de plantas daninhas causando a competição entre essas e a cultura implantada, além de não ter uma ou mais plantas em seu devido lugar alterando o estande, e os espaçamentos duplos podem causar a competição intraespecífica entre plantas, devido os espaçamentos serem menores que o adequado, assim essas questões podem contribuir para perda de produtividade. Portanto, a distribuição uniforme de sementes permite um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis para o desenvolvimento das plantas, como nutrientes, luz e água.

Diferentes razões podem afetar a uniformidade da distribuição de sementes, como sua dosagem e deposição. Levando em conta que essas funções estão diretamente ligadas ao mecanismo dosador da semeadora, as características das sementes, os atributos e a forma do mecanismo, a sua altura em relação ao solo, a velocidade de semeadura e a relação entre esses fatores podem interferir na sua eficiência, portanto, na dosagem e deposição, podendo assim influenciar a distribuição de sementes.

Estudos mostram que há uma tendência de que à medida que se aumenta a velocidade de operação de uma semeadora a uniformidade de plantio é reduzida. Assim, Kostić et al. (2018), ao avaliarem a causa de falhas no processo de semeadura, também constataram que a velocidade angular do disco dosador de sementes foi uma das principais causas para a ocorrência de espaçamentos falhos ou múltiplos, sendo que a velocidade de semeadura tem relação direta com a rotação do mecanismo dosador.

Diante disso, é notável a importância de estudos sobre a qualidade da distribuição de sementes, com ênfase nas causas que podem influenciar essa característica e a melhor forma para corrigi-las, visto que, isso afeta diretamente a produtividade de uma lavoura e conseqüentemente o rendimento e lucro obtido.

Para analisar o padrão de qualidade da distribuição de sementes, algumas ferramentas da estatística podem ser utilizadas, como o controle estatístico de processo (CEP), uma vez que o mesmo auxilia na avaliação do padrão de qualidade de uma atividade com foco no processo ao invés do produto, utilizando-se geralmente

de cartas de controle. Dessa forma, com a utilização do CEP no acompanhamento das operações agrícolas é possível avaliar a sua qualidade e estabilidade, para que assim sejam realizadas as devidas manutenções e melhorias na qualidade dos processos, pois essa é uma questão fundamental para que se tenha sucesso no sistema produtivo, especialmente nas operações mecanizadas que possuem altos índices de variabilidade devido a fatores não controláveis (TORRES, 2014).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Analisar a qualidade de distribuição de sementes de uma semeadora pneumática em função da velocidade de semeadura.

2.2. Objetivos específicos

- Analisar o efeito da velocidade de trabalho da semeadora pneumática sobre a taxa de distribuição de sementes por metro linear e a distribuição longitudinal de sementes.
- Verificar a uniformidade de distribuição de sementes entre as linhas de semeadura.
- Determinar se a distribuição de sementes está sob controle estatístico, isto é, estável, por meio de uma ferramenta do controle estatístico de processo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Características gerais e econômicas das culturas do feijão e da soja

Feijão é o nome comum utilizado para um grupo de leguminosas da família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, que tem como característica o fruto do tipo legume ou vagem. Entre as espécies mais cultivadas no Brasil está a *Phaseolus vulgaris* L. (feijão comum) que abrange feijões do grupo carioca, preto ou especial (FERREIRA; ALMEIDA, 2012; LOVATO et al., 2018).

O feijão é uma importante fonte de proteínas, carboidratos e outros nutrientes na dieta de boa parte da população mundial, principalmente em países onde o consumo de proteína animal é limitado. Essa leguminosa, em sua maior parte, é composta por proteínas, de 20 a 35%, e carboidratos, de 60 a 65% (ANTUNES et al., 1995; PIRES et al., 2005; TOLEDO; CANNIATTI-BRAZACA, 2008). No Brasil, o feijão é considerado como base alimentar e é cultivado em todas as regiões do país, sendo fonte de emprego e renda no campo (KAPPES et al., 2008).

A soja é uma leguminosa da família *Fabaceae*, subfamília *Papilionoideae*, que também possui como característica frutos do tipo legume ou vagem, sendo que a espécie cultivada no Brasil é a *Glycine max* L. Merrill (NEPOMUCENO; FARIAS; NEUMAIER, 2008).

A soja tem ampla utilização tanto para a produção de alimentos destinados a humanos e animais, quanto para fabricação de outros produtos do setor industrial. Segundo Missão (2006), a soja está presente em diversos alimentos como leite, iogurte, sorvete, óleos, chocolate, margarina, pães, entre outros, e por ter um alto teor de proteína o seu farelo é muito utilizado na alimentação animal quando se trata da criação de gado, suínos, aves e peixes. Além disso, pode ser usada na fabricação de tintas, produtos de limpeza, cosméticos e biodiesel.

O feijão e a soja fazem parte dos principais grãos produzidos no Brasil. Atualmente, o país lidera o ranking mundial como maior produtor de soja com a produção de 137,323 milhões de toneladas, produtividade de 3.528 kg/ha e com área plantada de 38,926 milhões de hectares. Estima-se que para a safra de 2021/2022 esses números aumentem e que o Brasil se mantenha na liderança do ranking mundial (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2022; EMPRESA BRASILEIRA

DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2021). Além disso, a soja é responsável por 39,82% do valor obtido com as exportações do agronegócio brasileiro, sendo US \$48,012 bilhões (BRASIL, 2022).

O Brasil é o terceiro maior produtor de feijões no mundo, com 11% do total produzido (SALVADOR, 2020). Em valores de produção para a safra 2020/2021, o país obteve 2,877 milhões de toneladas de feijão, produtividade de 984 kg/ha e área plantada de 2,924 milhões de hectares, porém essa produção é direcionada principalmente para o consumo interno. Assim como para a soja, estima-se que esses valores aumentem para a safra 2021/2022 (CONAB, 2022; WANDER; SILVA; FERREIRA, 2021).

Dessa forma, é notável a relevância de estudos relacionados às etapas de produção dessas culturas, entre elas a semeadura. Pois assim, é possível desenvolver formas de aumentar a produtividade, trazendo benefícios socioeconômicos e de segurança alimentar.

3.2. Semeadoras

A semeadura é considerada como uma das principais etapas para que uma lavoura seja estabelecida com sucesso (COPETTI, 2004), mas, para que isso ocorra, diferentes aspectos devem ser levados em consideração, pois segundo Faganello (2018), a semente utilizada, o tipo de solo e seu preparo, os mecanismos da semeadora, a velocidade de operação, regulagem da máquina, entre outros, podem afetar o processo de semeadura.

As semeadoras podem ser classificadas quanto à forma de acionamento, ao tamanho das sementes, ao material dosado, ao mecanismo dosador e à forma de distribuição de sementes. Em relação a forma de distribuição, normalmente são mais utilizados dois tipos de semeadoras, a de precisão, que, segundo Balastreire (2004), as sementes são dosadas preferencialmente uma a uma, tendo o controle do espaçamento entre linhas e entre sementes, sendo no geral usada para sementes graúdas, e a de fluxo contínuo, em que a distribuição é realizada em linhas, porém não há precisão no espaçamento entre sementes, e normalmente essas semeadoras são usadas para sementes miúdas.

As semeadoras são responsáveis por executar a semeadura mecanizada de diversas culturas, sendo que dosam e depositam no solo exclusivamente sementes (BALASTREIRE, 2004). Elas têm por função armazenar as sementes e adubo, caso seja uma semeadora-adubadora, realizar a abertura do sulco no solo para que ele receba as sementes, previamente dosadas, com espaçamentos uniformes e profundidade adequada, além de realizar o acabamento cobrindo a semente com o solo e promovendo uma leve compactação do mesmo (BREECE et al., 1975; KEPNER; BAINER; BARGER, 1978; MIALHE, 2012). É fundamental que todas essas funções sejam desempenhadas com qualidade para que se tenha uma semeadura bem feita, pois a falha de uma delas pode comprometer as demais, o que dificulta a implantação da cultura e conseqüentemente o estabelecimento do estande recomendado (MANTOVANI; CRUZ; OLIVEIRA, 2015).

Além das funções exercidas pela semeadora outros fatores que podem afetar o desempenho da mesma devem ser observados, de acordo com Kurachi et al. (1989), esses fatores podem ser o nível de sementes no reservatório, velocidade de semeadura, velocidade angular do mecanismo dosador, regulagens do mecanismo dosador e posição do mesmo ou do equipamento em relação ao solo. Outro aspecto fundamental que influencia a qualidade e precisão da semeadura é a distribuição longitudinal de sementes, pois a irregularidade desta pode causar a ineficiência do aproveitamento de recursos (água, luz e nutrientes) pelas plantas, o que compromete o seu desenvolvimento e conseqüentemente a produtividade da lavoura (SANGOI et al., 2012).

3.3. Uniformidade de distribuição de sementes

No processo de semeadura, uma das características que mais influenciam a obtenção de um estande adequado de plantas é a uniformidade da distribuição longitudinal de sementes (COPETTI, 2014). A regularidade dessa distribuição em semeadoras de precisão, pode ser avaliada por meio do coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes e a distribuição dessas em classes de acordo com o espaçamento de referência, que pode ser estabelecido a partir da recomendação agrônômica, pela regulagem da semeadora ou pela média dos espaçamentos obtidos com a semeadura (KURACHI et al., 1989). Ainda, segundo Kurachi et al. (1989), são

utilizadas três classes: normal ou aceitável, quando o espaçamento entre sementes está entre 0,5 e 1,5 vezes o espaçamento de referência; duplo, quando o espaçamento entre sementes é menor que 0,5 vezes o espaçamento de referência; e falho, quando o espaçamento entre sementes é maior que 1,5 vezes o espaçamento de referência.

Quando o espaçamento entre sementes não é uniforme são encontrados dois problemas, os espaçamentos duplos ou falhos. Os espaçamentos duplos podem causar a competição intraespecífica entre as plantas, o que leva à perda de produtividade (BOTTEGA et al., 2014). Já os espaçamentos falhos, podem deixar espaços vazios que são favoráveis ao desenvolvimento de plantas daninhas, causando a competição entre essas e a cultura que foi implantada, além de alterar o estande de plantas por não ter sementes no devido local, afetando também a produtividade (PINHEIRO NETO et al., 2008).

Diferentes fatores podem interferir na uniformidade de distribuição de sementes, sendo relacionados tanto a área de plantio (condição do solo, relevo, entre outros), quanto às características das sementes e da máquina. Segundo Staggenborg, Taylor e Maddux (2004), a desuniformidade dos espaçamentos entre plantas tem como causas principais a irregularidade na dosagem das sementes e a movimentação das mesmas na linha de semeadura, posterior a distribuição de sementes pela semeadora. De acordo com Reis (2001), as razões pelas quais podem ocorrer a irregularidade na distribuição de sementes estão relacionadas à dosagem e deposição das mesmas.

A dosagem de sementes está diretamente ligada ao mecanismo dosador da máquina, que segundo Reis (2001), o desempenho desse pode ser afetado por alguns fatores, entre eles as características das sementes, as características do próprio mecanismo e a relação entre essas, podendo influenciar na distribuição longitudinal de sementes. Já a deposição de sementes é altamente influenciada pela altura do mecanismo dosador, por sua geometria e pela velocidade de trabalho (ANTUNES, 2018).

3.4. Mecanismos dosadores de sementes

Mecanismos dosadores são aqueles responsáveis por dosar as sementes requeridas, apanhando-as do reservatório da semeadora e transportando-as uma a uma, ou em grupos, até a abertura de saída para serem descarregadas, podendo isso ser feito de forma mecânica ou pneumática (BALASTREIRE, 2004; PORTELLA, 1997).

Segundo Reis (2001), falhas no desempenho do mecanismo dosador podem acarretar problemas na distribuição das sementes, isso por meio de imperfeições no processo de individualização de sementes e por danos causados às mesmas. Cada mecanismo de dosagem possui características particulares que influenciam diretamente no seu desempenho, no caso dos dosadores mecânicos são velocidade periférica, tamanho e formato dos orifícios e nível de sementes no reservatório, já para os dosadores pneumáticos são a velocidade periférica e pressão de trabalho (ALONÇO et al., 2015). Além disso, a eficiência dos mecanismos dosadores está altamente relacionada à adequada regulação e manutenção, a altura do mesmo em relação ao solo, a velocidade de trabalho e a inclinação do terreno (ALONÇO et al., 2015; FAGANELLO, 2018).

No mercado existem diferentes tipos de dosadores de sementes disponíveis. Para a semeadura em linha tem-se o disco perfurado (vertical, horizontal e inclinado), cilindro canelado, correia perfurada, discos alveolados, dedos preensores, orifício regulador e dosador pneumático. Já para semeadura a lanço podem ser citados o rotor centrífugo, canhão centrífugo e difusor (BALASTREIRE, 2004). Porém, dos dosadores referidos, os mais utilizados em semeadoras de precisão em linha, na semeadura de grãos graúdos, são os dosadores mecânicos de disco horizontal e os pneumáticos a vácuo (ALONÇO et al., 2014).

3.4.1. Dosador de sementes pneumático

Os dosadores de sementes pneumáticos utilizam o ar como princípio de separação e prensão das sementes até a abertura de saída (BALASTREIRE, 2004; PORTELLA, 1997). De modo que para essa separação e prensão, o ar pode ser usado com pressão positiva ou negativa.

Os dosadores de pressão negativa possuem uma base que serve como depósito de sementes e como apoio do disco dosador, que normalmente é posicionado na vertical e pode ter uma ou mais fileiras concêntricas de alvéolos, além de uma tampa fechando o conjunto deixando apenas uma saída para as sementes previamente dosadas (BALASTREIRE, 2004; PORTELLA, 1997). Nesses dosadores o ar é aspirado fazendo com que as sementes sejam presas na parte externa do disco dosador, e assim que o vácuo de cada orifício é neutralizado por um obturador ou quando o disco passa muito próximo a parte sólida da base, as sementes são liberadas (PORTELLA, 1997).

Nos dosadores com pressão positiva as sementes são presas no lado interno do disco dosador. Os mesmos têm a constituição parecida com dos dosadores de pressão negativa, porém a base suporta o depósito de sementes e o disco fica em contato com a mesma, e neste caso as sementes ficam contidas atrás do disco dosador (BALASTREIRE, 2004).

Os dosadores de sementes pneumáticos apresentam como vantagens maior precisão na dosagem de sementes e ausência de danos nesse processo, o que contribui para a ocorrência de espaçamentos entre sementes mais uniformes (MIALHE, 2012). Isso pode ser corroborado por diversos estudos. Machado e Reynaldo (2017), ao avaliarem o desempenho de diferentes semeadoras e mecanismos de dosagem, constataram que os dosadores pneumáticos obtiveram melhor desempenho em relação aos dosadores mecânicos. Quanwei et al. (2017), ao avaliarem o efeito da velocidade de semeadura nos mecanismos dosadores e na uniformidade do espaçamento entre sementes, obtiveram melhor uniformidade com os dosadores pneumáticos.

Apesar das vantagens que se têm com os dosadores pneumáticos, pelo fato de se poder utilizar diferentes sementes, há uma grande variação da forma e do tamanho das mesmas, portanto é necessário ter diferentes tipos de discos com orifícios adequados às diversas sementes, sendo que quando são adotadas maiores velocidades de trabalho pode ser preciso ter mais de uma fileira concêntrica de orifícios (BALASTREIRE, 2004; PORTELLA, 1997).

3.5. Velocidade de semeadura

A velocidade de trabalho do conjunto trator-semeadora é um dos fatores que mais afetam a qualidade de semeadura, pois segundo Balastreire (2004), a velocidade de operação influencia na distribuição de sementes e nos possíveis danos sofridos pelas mesmas, por isso ao determiná-la devem ser considerados o tipo de semente e o dosador utilizado.

Normalmente, um sistema de relação de transmissão é responsável por transmitir o movimento rotacional das rodas de acionamento da semeadora para o disco dosador de sementes, realizando assim o seu acionamento (SILVA, 2018). Por este motivo, a velocidade de operação da semeadora influencia na velocidade periférica do disco dosador, podendo alterar a uniformidade de distribuição de sementes e na sua adequada deposição no solo, o que interfere na produtividade da cultura (GARCIA et al., 2011).

A velocidade de operação no processo de semeadura pode interferir na eficiência do disco dosador de sementes, pois segundo Karayel, Barut e Özmerzi (2004), com o aumento da mesma podem ocorrer falhas na captura das sementes ficando orifícios vazios, ou a captura de mais de uma semente num mesmo orifício, tendo como consequência a ocorrência de espaçamentos entre sementes falhos e duplos. Além disso, o dosador pneumático permite a semeadura de mais de um tipo de semente sem a necessidade de se trocar o disco, e ao trocar a semente a densidade de semeadura pode mudar, fazendo com que sementes que exijam uma alta densidade de semeadura tenham que ser plantadas com maiores velocidades para que o estande desejado seja alcançado, podendo essa prática reduzir a eficiência do dosador. Assim, devido às diferentes sementes que podem ser utilizadas e o aumento da velocidade de semeadura, muitas vezes são adotados discos com mais de uma fileira concêntrica de alvéolos reduzindo eventuais espaçamentos falhos e duplos (PORTELLA, 1997).

Estudos têm mostrado essa influência da velocidade na distribuição de sementes, pois Reynaldo et al. (2016) ao avaliarem a influência da velocidade de semeadura na distribuição de sementes e produtividade de soja, observaram que com o aumento da velocidade houve a diminuição dos espaçamentos aceitáveis e da produtividade. Bortoli et al. (2021), ao avaliarem como a velocidade de operação pode afetar a distribuição e rendimento da soja, constataram também que com maiores

velocidades os espaçamentos entre plantas ficaram mais desuniformes, além de ter diminuído a produtividade da soja. Rinaldi et al. (2010), ao analisarem a influência da velocidade de semeadura no estabelecimento inicial da cultura do feijão, notaram que com o aumento dessa, diminuíram os percentuais de espaçamentos aceitáveis e aumentaram os falhos.

3.6. Controle estatístico de processo

Para que uma atividade ou operação gere o resultado esperado é indispensável que os processos ocorram de acordo com o planejado, de forma estável e com um determinado padrão de qualidade. Dessa forma, quanto menor a variabilidade do processo, maior é a qualidade e a confiabilidade do produto ou serviço (DAMASCENO, 2017; MILAN; FERNANDES, 2002). Portanto, é de grande importância ter meios para avaliar se os processos estão ocorrendo com o padrão de qualidade desejado, e se caso não estiver, analisar quais os fatores que estão causando interferência, para que o mesmo possa se tornar estável. Para isso, algumas ferramentas podem ser utilizadas, entre elas o Controle Estatístico de Processo (CEP).

O CEP é uma técnica estatística aplicada à produção que possibilita a redução da variabilidade nas características de interesse, por meio de uma inspeção por amostragem ao longo da operação (controle do processo), em vez de ser realizada após a produção (controle do produto) (RAMOS, 2010; RIBEIRO; CATEN, 2012). O objetivo do CEP é a prevenção dos defeitos ou erros, verificando a presença de causas especiais, que são aquelas que não são naturais do processo, e que podem afetar a qualidade do produto (RAMOS, 2010; RIBEIRO; CATEN, 2012). Assim, quando as eventuais falhas são detectadas, é possível atuar sobre elas promovendo melhorias para as próximas operações, visando aumentar a qualidade do processo e do produto final (RIBEIRO; CATEN, 2012; VOLTARELLI et al., 2015).

Uma das principais ferramentas utilizadas para o controle de qualidade das operações são os gráficos de controle, também conhecidos como cartas de controle ou gráficos Shewhart (CARPES et al., 2018). Segundo Ramos (2010), com as cartas de controle é possível verificar se o processo em estudo é estatisticamente estável, portanto, sem a presença de causas especiais, se há a necessidade de tomar alguma

ação sobre ele e promover o aprimoramento contínuo do processo para reduzir a sua variabilidade.

A partir dos dados coletados, durante o processo ou operação, é possível elaborar as cartas de controle, que segundo Oliveira et al. (2013), para sua elaboração é determinada estatisticamente uma faixa delimitada pelos limites de controle, sendo formada por uma linha superior (limite de controle superior – LCS), uma linha central (LC) e uma linha inferior (limite de controle inferior – LCI). Dessa forma, ao analisar a carta, caso algum valor esteja fora dos limites de controle é admitida a hipótese de que o processo não é estável, indicando a presença de causas especiais de variação, porém, se os pontos amostrais estiverem dispostos de forma aleatória dentro dos limites de controle, é considerado que o processo está sob controle ou estável (OLIVEIRA et al., 2013; RAMOS, 2010). De acordo com Oliveira et al. (2013), para a determinação dos limites de controle, considerando uma distribuição normal dos resultados das medições com média (μ) e desvio padrão (σ) conhecidos, pode ser utilizada a Equação 1:

$$\text{LCS} = \mu + L\sigma$$

$$\text{LC} = \mu \tag{1}$$

$$\text{LIC} = \mu - L\sigma$$

Em que,

L = distância dos limites de controle à linha central em função do desvio padrão.

Em um sistema agrícola, uma operação é considerada de alta qualidade quando alcança os parâmetros estabelecidos ou se chega aos resultados desejados sem a necessidade de tomar ações sobre a mesma devido a erros (DAMASCENO, 2017). Por este motivo, o CEP vem sendo utilizado para o controle e análise da qualidade das operações agrícolas para se obter um maior sucesso no sistema produtivo, principalmente pelo fato das operações mecanizadas estarem sujeitas a

elevados índices de variabilidade devido a fatores não controláveis (TORRES, 2014; VOLTARELLI et al., 2013).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido nas dependências do Laboratório de Mecanização Agrícola, situado no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, *Campus Viçosa*. Foram realizados dois experimentos, sendo um com feijão e outro com soja, para avaliar o efeito da velocidade de semeadura sobre a qualidade da distribuição de sementes de uma semeadora-adubadora da marca Jumil, modelo POP JM2670 PD, com três linhas de semeadura e mecanismo de dosagem e distribuição de sementes pneumático, com pressão negativa (Figura 1). Para essa avaliação foi utilizada uma ferramenta de controle estatístico de processo, além da análise estatística dos dados coletados.

Foi avaliado também o efeito das linhas de semeadura sobre a qualidade da distribuição de sementes, para verificar se a máquina estava distribuindo as sementes de forma homogênea entre todas as unidades de distribuição. Para os testes foram consideradas as velocidades de operação de 5, 8 e 10 km h⁻¹.

Figura 1 - Semeadora-adubadora Jumil.



Fonte: Autora.

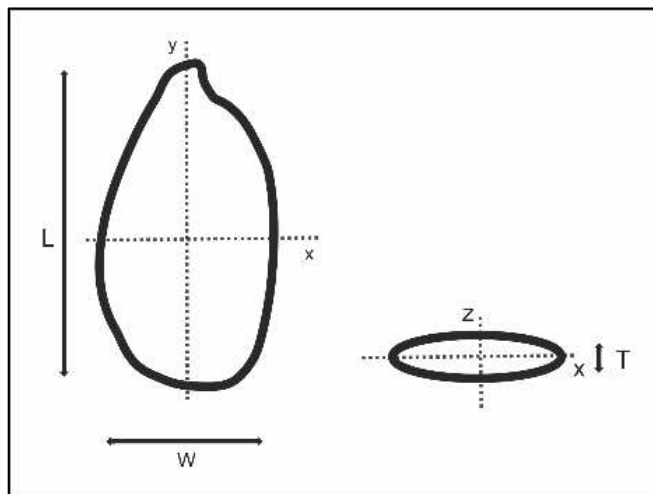
4.1. Caracterização de sementes

Para a realização dos testes e escolha do disco dosador de sementes, inicialmente, foi realizada a caracterização das sementes de soja (*Glycine max*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*), que consistiu na determinação das suas dimensões lineares (comprimento, largura e espessura) e físicas (esfericidade, área projetada, massa de mil sementes, massa específica unitária e teor de água).

4.1.1. Dimensões lineares das sementes

As dimensões lineares das sementes (Figura 2) foram mensuradas com o auxílio de um paquímetro digital da marca Mitutoyo com resolução de 0,01 mm. Essas aferições foram realizadas em amostras de 100 sementes de cada cultura.

Figura 2 - Dimensões lineares de uma semente.



L = comprimento; W = largura; T = espessura. Fonte: Coşkuner e Karababa (2007).

4.1.2. Esfericidade das sementes

A esfericidade das sementes foi obtida por meio da Equação (2), apresentada por Mohsenin (1986).

$$E_s = \left(\frac{\sqrt[3]{L \cdot W \cdot T}}{L} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Em que,

E_s = esfericidade da semente (%);

L = comprimento da semente (mm);

W = largura da semente (mm);

T = espessura da semente (mm).

4.1.3. Área projetada das sementes

A área projetada das sementes foi determinada por meio das suas dimensões lineares, e seguindo a Equação (3), proposta por Goneli et al. (2008).

$$A_p = \frac{\pi \cdot L \cdot W}{4} \quad (3)$$

Em que,

A_p = área projetada da semente (mm²);

L = comprimento da semente (mm);

W = largura da semente (mm).

4.1.4. Massa de mil sementes

A massa de mil sementes foi determinada, de acordo com as “Regras para Análises de Sementes” (RAS), em que foram coletadas amostras de 100 sementes de cada cultura, para serem pesadas em uma balança de precisão com resolução de 0,01 g, sendo isso para oito repetições. Posteriormente, os resultados foram ajustados para a massa de 1000 sementes (BRASIL, 2009).

Com os valores obtidos nas pesagens foram calculados a variância, Equação (4); o desvio padrão, Equação (5); e o coeficiente de variação, Equação (6).

$$\text{Variância} = \frac{n \cdot (\sum x^2) - (\sum x)^2}{n \cdot (n - 1)} \quad (4)$$

Em que,

x = massa das sementes em cada repetição (g);

n = número de repetições.

$$S = \sqrt{\text{variância}} \quad (5)$$

Em que,

S = desvio padrão (g).

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100 \quad (6)$$

Em que,

CV = coeficiente de variação (%);

\bar{X} = massa média de 100 sementes (g).

Em seguida, foi verificado para ambas as sementes se os valores dos coeficientes de variação não excederam 4%, para que assim os resultados da determinação fossem calculados multiplicando por 10 a massa média obtida com as oito repetições de 100 sementes (BRASIL, 2009).

4.1.5. Massa específica unitária

A massa específica unitária foi determinada pela razão entre a massa e o volume das sementes, segundo a Equação (7), apresentada por Mohsenin (1986):

$$\rho_u = \frac{m_g}{v_g} \quad (7)$$

Em que,

ρ_u = massa específica unitária (g cm^{-3})

m_g = massa da semente (g);

v_g = volume da semente (cm^3);

O volume da semente também foi calculado de acordo com a Equação (8), apresentada por Mohsenin (1986):

$$v_g = \frac{\pi \cdot (L \cdot W \cdot T)}{6} \quad (8)$$

Em que,

v_g = volume da semente (cm^3);

L = comprimento da semente (mm);

W = largura da semente (mm);

T = espessura da semente (mm).

4.1.6. Teor de água das sementes

O teor de água das sementes foi determinado de forma indireta por meio do determinador de umidade da marca Motomco, modelo 999 ESI.

4.2. Ensaio com a semeadora

4.2.1. Distribuição longitudinal de sementes

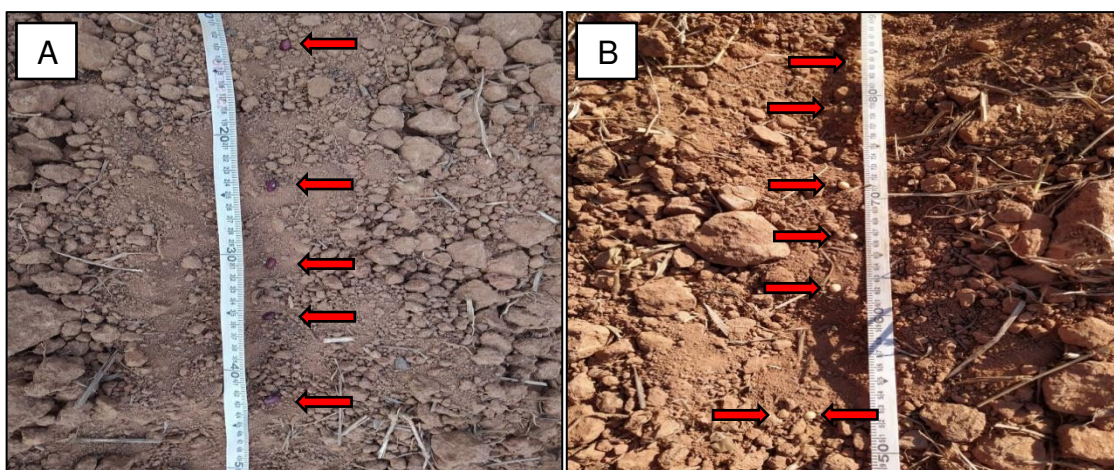
A determinação da distribuição longitudinal de sementes foi realizada em uma área de 0,34 ha próxima ao Laboratório de Mecanização Agrícola, localizada nas coordenadas 20°46'26.73"S e 42°52'22.49"O. Para a preparação da área, inicialmente foi retirado o excesso de vegetação por uma roçadora, e posteriormente foi realizado

o preparo convencional do solo, com uma aração e duas gradagens, para que assim fosse realizado o plantio do feijão e da soja.

Anterior ao plantio foram feitas as regulagens necessárias na semeadora, onde a máquina foi regulada para a distribuição de 15 sem m⁻¹ para ambas as culturas. Além disso, realizou-se uma inspeção visual para estabelecer a pressão que seria utilizada, isso pelo fato de a semeadora não possuir manômetro, e assim não poder ser aferida a pressão. Dessa forma, na rotação nominal de 540 rpm na TDP, a roda de acionamento da semeadora foi colocada em movimento para que o mecanismo dosador fosse acionado, com isso foi observado como os orifícios do disco dosador estavam sendo preenchidos de acordo com a mudança de pressão feita por meio de uma chave seletora na máquina. Assim, esse procedimento foi realizado até que cada orifício do disco fosse preenchido com somente uma semente. Ressalta-se que para a semeadura nas diferentes velocidades não foi realizada a mudança de pressão.

A determinação foi baseada na metodologia proposta por Kurachi et al. (1989), em que foram avaliadas todas as linhas de distribuição da semeadora e consistiu na medição de 250 espaçamentos entre sementes (Figura 3). Para a obtenção desses espaçamentos, foi determinado que a máquina percorreria 30 m de distância nas velocidades de 5, 8 e 10 km h⁻¹, visto que com essa distância, para todas as velocidades de semeadura, seria encontrada a quantidade necessária de espaçamentos para a determinação.

Figura 3 - A – Espaçamento entre sementes de feijão; B – Espaçamento entre sementes de soja.



Fonte: Autora.

Os espaçamentos foram classificados em aceitáveis, falhos e duplos (Tabela 1). Os valores obtidos foram comparados com o espaçamento de referência (X_{ref}), que neste caso foi estabelecido baseado na recomendação agrônômica, portanto para ambas as culturas foi considerado um X_{ref} de 6,67 cm, que corresponde, para o espaçamento entre linhas de 50 cm que foi o utilizado pela máquina, a um estande de 300 mil plantas por hectare.

Tabela 1 - Classificação dos espaçamentos entre sementes e seus respectivos intervalos.

Classificação dos espaçamentos	Intervalo dos espaçamentos por classe
Aceitáveis Falhos Duplos	$0,5 * X_{ref} \leq \text{espaçamento} \leq 1,5 * X_{ref}$ espaçamento $> 1,5 * X_{ref}$ espaçamento $< 0,5 * X_{ref}$

Fonte: Kurachi et al. (1989).

4.2.2. Coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes

Após o teste de distribuição longitudinal de sementes, foi calculado o coeficiente de variação dos 250 espaçamentos obtidos para cada velocidade de semeadura e tipo de semente, por meio da Equação (9).

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100 \quad (9)$$

Em que,

CV = coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes (%);

S = desvio padrão dos espaçamentos entre sementes (cm);

\bar{X} = média dos espaçamentos entre sementes (cm).

4.2.3. Espaçamento médio entre sementes

A partir dos espaçamentos entre sementes encontrados com o ensaio da semeadora em campo, foi determinado o espaçamento médio entre sementes para o feijão e a soja, em cada velocidade de semeadura.

4.2.4. Taxa de distribuição de sementes por metro linear

A taxa de distribuição de sementes por metro linear foi determinada por meio da Equação (10), sendo isso para cada velocidade e tipo de semente.

$$R_{sm} = \frac{100 \text{ cm}}{EES} \quad (10)$$

Em que,

R_{sm} = taxa de distribuição de sementes por metro linear (sem m^{-1})

EES = espaçamento entre sementes (cm)

4.2.5. Índice de precisão de semeadura

O índice de precisão de semeadura foi calculado pela Equação (11), apresentada por Kachman e Smith (1995).

$$IPS = \frac{S}{X_{ref}} \cdot 100 \quad (11)$$

Em que,

IPS = índice de precisão de semeadura (%);

S = desvio padrão dos espaçamentos aceitáveis (cm);

X_{ref} = espaçamento de referência (cm).

4.3. Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido de acordo com um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as velocidades e nas subparcelas as linhas de semeadura, sendo isso no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Foi feita uma análise estatística para cada cultura.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância para verificar o efeito das velocidades de operação e das linhas de semeadura sobre os fatores avaliados. Foi realizada também a comparação de médias pelo teste de Tukey, com o nível de 5% de probabilidade.

4.4. Elaboração das cartas de controle

Foram elaboradas cartas de controle para verificar por meio de gráficos de média (\bar{X}) e de amplitude (R) se o processo de semeadura estava sob controle e se seus resultados foram aceitáveis, ou seja, se não houve causas especiais influenciando no processo de distribuição de sementes. Para isso, foi determinado estatisticamente o limite de controle, sendo delimitado por uma linha superior (limite de controle superior – LCS), por uma linha central (LC) e por uma linha inferior (limite de controle inferior – LCI).

Para a linha central dos gráficos de \bar{X} e de R, foi considerada a média geral e a amplitude média, respectivamente. Os limites de controle superior e inferior, foram calculados a partir do desvio-padrão das variáveis (σ), em que o limite de controle superior foi obtido pela média mais três vezes o σ e o limite de controle inferior a média menos três vezes o σ (TOLEDO et al., 2008).

Esses gráficos foram elaborados para cada cultura, onde foram analisados os espaçamentos entre sementes e o número de sementes por metro linear, em função das velocidades de semeadura.

Também foram elaborados histogramas para ter uma melhor representação da distribuição das observações.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização de sementes

Os resultados da caracterização das sementes de feijão e soja estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios das características físicas das sementes de feijão e soja.

	Feijão	Soja
Comprimento (mm)	10,44	7,39
Largura (mm)	6,48	6,57
Espessura (mm)	4,72	5,70
Esfericidade (%)	65,51	88,38
Área projetada (mm ²)	53,24	38,20
Massa de mil semente (g)	214,95	172,21
Massa específica unitária (g/cm ³)	1,28	1,19
Teor de água (%)	14,85	12,70

5.2. Avaliação da distribuição longitudinal de sementes

5.2.1. Feijão

Ao analisar os resultados obtidos (Tabela 3), foi possível constatar que a velocidade de trabalho e as linhas de semeadura não apresentaram efeito significativo sobre o espaçamento entre sementes, o número de sementes por metro linear e sobre os percentuais de espaçamentos aceitáveis, falhos e duplos. Porém, ambas as fontes de variação tiveram efeito significativo sobre o coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes, assim foi encontrada diferença significativa entre as velocidades e entre as linhas de semeadura.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância da distribuição longitudinal de sementes de feijão em função da velocidade de operação e linhas de semeadura.

FV	GL	EM	SM	CV	PA	PF	PD
Velocidade (V)	2	0,49 ^{ns}	1,41 ^{ns}	265,42*	202,12 ^{ns}	87,30 ^{ns}	23,80 ^{ns}
Erro (a)	6	0,40	1,09	41,40	74,89	39,43	20,07
Linha (L)	2	0,22 ^{ns}	0,76 ^{ns}	111,40*	61,89 ^{ns}	17,71 ^{ns}	30,73 ^{ns}
V x L	4	0,56 ^{ns}	1,61 ^{ns}	44,80 ^{ns}	27,13 ^{ns}	45,27 ^{ns}	18,06 ^{ns}
Erro (b)	12	0,34	1,09	22,86	19,21	22,97	14,11
Total	26						
CV% (V)		8,27	7,93	14,07	11,78	37,11	46,66
CV% (L)		7,65	7,95	10,46	5,97	28,33	39,13

Codificação utilizada: FV – fonte de variação; GL – graus de liberdade; EM – espaçamento médio; SM – número de sementes por metro linear; CV – coeficiente de variação da distribuição de sementes; PA – percentual de espaçamentos aceitáveis; PD – percentual de espaçamentos duplos e PF – percentual de espaçamentos falhos.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A razão pela qual a velocidade de semeadura não apresentou efeito significativo na distribuição das sementes de feijão, pode ser devido a forma como essas sementes são retidas no disco dosador do mecanismo a vácuo, pois as sementes de feijão possuem o formato elíptico, dessa forma elas são retidas no disco dosador por sua extremidade que é menos esférica, assim para que mais espaço do orifício seja preenchido é necessário que o vácuo do mecanismo promova uma maior sucção da semente, deste modo uma maior parte dela, além da extremidade, fica retida proporcionando melhor captura das sementes e conseqüentemente melhor enchimento do disco independente das velocidades de operação avaliadas.

Resultados semelhantes foram encontrados por Almeida et al. (2020), pois ao avaliarem o efeito de diferentes velocidades na distribuição longitudinal de sementes de feijão, as mesmas não apresentaram influência significativa. Porém, contrapondo esse comportamento, Silva (2018) encontrou efeito significativo da velocidade sobre a distribuição de sementes de feijão por uma semeadora pneumática.

Acerca do comportamento apresentado para as linhas de semeadura, as mesmas podem não ter apresentado efeito sobre a distribuição de sementes, devido a regulagem realizada na semeadora antes do plantio ter sido igual para todas as

linhas. Nagaoka et al. (2015) encontraram resultados opostos ao deste trabalho, visto que ao avaliarem a distribuição de sementes de uma semeadora de quatro linhas foi encontrada diferença significativa entre linhas em relação às porcentagens médias de espaçamentos aceitáveis e duplos.

Apesar das diferentes velocidades de semeadura e unidades de distribuição de sementes não terem efeito significativo quanto à distribuição de sementes, as mesmas tiveram influência sobre o coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes, mostrando que houve um aumento da dispersão dos valores em torno do espaçamento médio. Similar aos resultados apresentados, Silva (2018) também obteve efeito significativo da velocidade sobre o coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes de feijão.

5.2.2. Soja

Ao analisar os resultados obtidos (Tabela 4), foi possível constatar que a velocidade de semeadura apresentou efeito significativo sobre o espaçamento entre sementes, o número de sementes por metro linear e sobre os percentuais de espaçamentos aceitáveis e falhos, porém para o coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes e para o percentual de espaçamentos duplos não houve esse efeito. As linhas de semeadura não apresentaram efeito significativo para nenhuma das variáveis estudadas.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância da distribuição longitudinal de sementes de soja em função da velocidade de operação e linhas de semeadura.

FV	GL	EM	SM	CV	PA	PF	PD
Velocidade (V)	2	7,09**	9,07**	135,78 ^{ns}	221,38*	382,39*	37,46 ^{ns}
Erro (a)	6	0,29	0,45	75,49	28,07	36,24	14,06
Linha (L)	2	0,34 ^{ns}	0,64 ^{ns}	12,52 ^{ns}	2,57 ^{ns}	12,34 ^{ns}	12,44 ^{ns}
V x L	4	0,19 ^{ns}	0,37 ^{ns}	10,67 ^{ns}	19,54 ^{ns}	32,49 ^{ns}	4,84 ^{ns}
Erro (b)	12	0,45	0,71	17,34	31,91	41,04	4,33
Total	26						
CV% (V)		5,73	6,15	17,34	9,07	18,20	44,17
CV% (L)		7,19	7,78	8,31	9,67	19,37	24,52

Codificação utilizada: FV – fonte de variação; GL – graus de liberdade; EM – espaçamento médio; SM – número de sementes por metro linear; CV – coeficiente de variação da distribuição de sementes; PA – percentual de espaçamentos aceitáveis; PD – percentual de espaçamentos duplos e PF – percentual de espaçamentos falhos.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A razão pela qual a velocidade de semeadura apresentou efeito significativo na distribuição das sementes de soja, pode ser devido a forma como essas são retidas no disco dosador do mecanismo a vácuo, pois as mesmas possuem o formato mais esférico, dessa forma para que o orifício do disco dosador seja preenchido não é necessário uma grande sucção da semente, deixando sua maior parte fora do orifício, deste modo a eficiência com que o disco dosador captura as sementes pode sofrer maior influência da velocidade de operação, devido à pressão utilizada ser a mesma em todas as velocidades de semeadura.

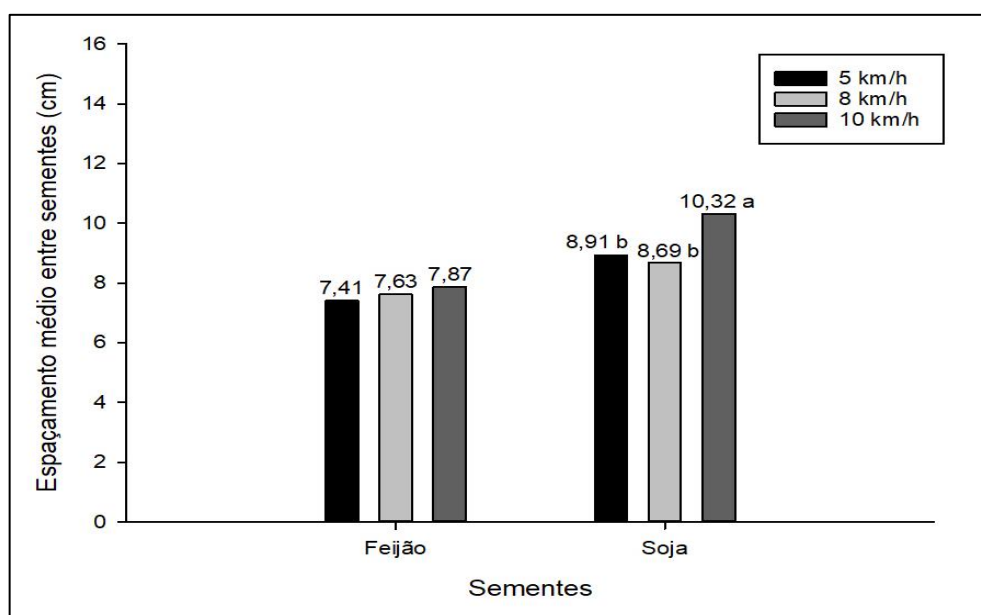
Resultados semelhantes foram encontrados por Naves et al. (2020), pois estes mostraram que a velocidade de semeadura afetou significativamente os espaçamentos aceitáveis e falhos, e não apresentou efeito sobre os espaçamentos duplos. Porém, Matos et al. (2021), ao avaliarem a influência da velocidade de operação na distribuição de sementes de soja, encontraram efeito significativo da velocidade sobre a distribuição de sementes quanto aos espaçamentos aceitáveis e duplos e não constataram esse efeito para os espaçamentos falhos. Além disso, Bortoli et al. (2021), ao avaliarem a influência da velocidade na distribuição de sementes de soja, demonstraram que a mesma afetou significativamente a distribuição de plantas.

Acerca do comportamento apresentado para as linhas de semeadura, as mesmas podem não ter apresentado efeito sobre a distribuição de sementes, devido a regulagem realizada na semeadora antes do plantio ter sido igual para todas as linhas. Nagaoka et al. (2015) encontraram resultados opostos ao deste trabalho, pois ao avaliarem a distribuição de sementes de uma semeadora de quatro linhas foi encontrada diferença significativa entre linhas, em relação às porcentagens médias de espaçamentos aceitáveis e duplos.

5.2.3. Espaçamento médio entre sementes

Analisando a Figura 4, observa-se que com o aumento da velocidade de operação da semeadora foram encontrados maiores espaçamentos entre sementes de soja. Para o feijão, em razão da velocidade de semeadura não ter apresentado efeito significativo, foi encontrado o espaçamento médio entre sementes de 7,64 cm para todas as velocidades.

Figura 4 - Espaçamento médio entre sementes em função da velocidade de semeadura.



Comparação das médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os valores médios seguidos de mesma letra para cada cultura não possuem diferença significativa entre si.

Ao realizar a comparação entre os valores médios dos espaçamentos entre sementes de soja nas diferentes velocidades de semeadura, percebe-se que não houve diferença significativa entre as velocidades de 5 e 8 km h⁻¹ e que houve uma pequena redução do espaçamento, pois na velocidade de 5 km h⁻¹ o valor médio foi de 8,91 cm e na velocidade de 8 km h⁻¹ foi 8,69 cm. Porém, a velocidade de 10 km h⁻¹ apresentou diferença significativa em relação às demais velocidades, sendo encontrado para ela o maior espaçamento médio entre sementes, de 10,32 cm, indicando um aumento de 18,76% que corresponde a 1,63 cm.

Como a pressão do vácuo não foi modificada para cada velocidade de semeadura, esse comportamento pode ter ocorrido para a soja devido ao aumento de velocidade, pois isso proporciona um menor tempo para que o disco dosador

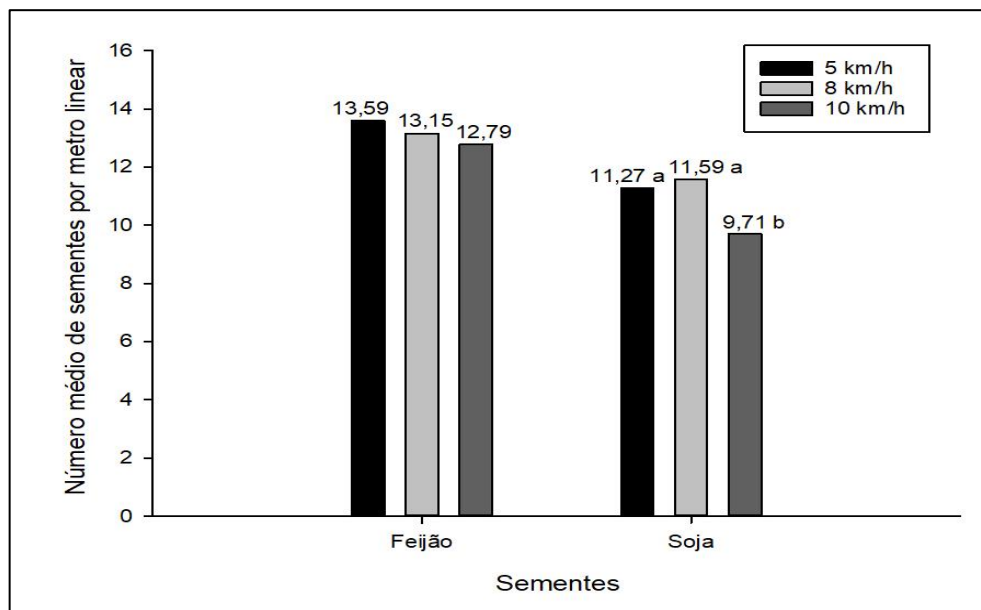
preencha seus orifícios, fazendo com que haja falhas na captura das sementes pelos mecanismos dosadores (RINALDI et al., 2010). Outra razão é que com o acréscimo de velocidade a forma como as sementes passam pelo tubo condutor pode ser alterada, pois quando essas passam pelo mesmo em queda livre, adquirem uma componente horizontal de velocidade devido ao avanço da semeadora, fazendo com que as sementes se choquem com a parede do tubo condutor alterando o tempo que levam para chegar ao solo, além de fazer com que as mesmas sejam deslocadas para fora de sua posição inicial ao atingirem o solo, contribuindo para que os espaçamentos sejam alterados (PACHECO et al., 1996).

Silva (2018), ao avaliar o efeito da velocidade sobre a distribuição de sementes de soja, também constatou que com o aumento de velocidade houve o aumento do espaçamento médio entre sementes. Outros autores como Savi et al. (2020), também constataram um maior espaçamento entre sementes de soja com a velocidade mais elevada.

5.2.4. Taxa de distribuição de sementes por metro linear

Analisando a Figura 5, nota-se que há redução do número de sementes de soja por metro linear à medida que a velocidade de operação aumenta. Ao se comparar os valores médios encontrados nas diferentes velocidades de semeadura, percebe-se que não foi encontrada diferença significativa entre as velocidades de 5 e 8 km h⁻¹, sendo que na velocidade de 5 km h⁻¹ o valor médio foi de 11,27 sem m⁻¹ e na velocidade de 8 km h⁻¹ foi encontrada uma média de 11,59 sem m⁻¹. Porém, a velocidade de 10 km h⁻¹ apresentou diferença significativa em relação às demais, de forma que para ela foi encontrada a média de 9,71 sem m⁻¹, sendo essa a menor quantidade indicando uma redução de 16,22% que corresponde a 1,88 sem m⁻¹. Assim, as velocidades de 5 e 8 km h⁻¹ obtiveram o número de sementes de soja por metro mais próximo do teórico (15 sem m⁻¹), e ao contrário dessas, a velocidade de 10 km h⁻¹ obteve o valor mais distante do de referência.

Figura 5 - Valores médios do número de sementes por metro linear em função da velocidade de semeadura.



Comparação das médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os valores médios seguidos de mesma letra para cada cultura não possuem diferença significativa entre si.

Para o feijão, em razão da velocidade de semeadura não ter apresentado efeito significativo, foi encontrada a média de 13,18 sem m^{-1} para todas as velocidades de semeadura.

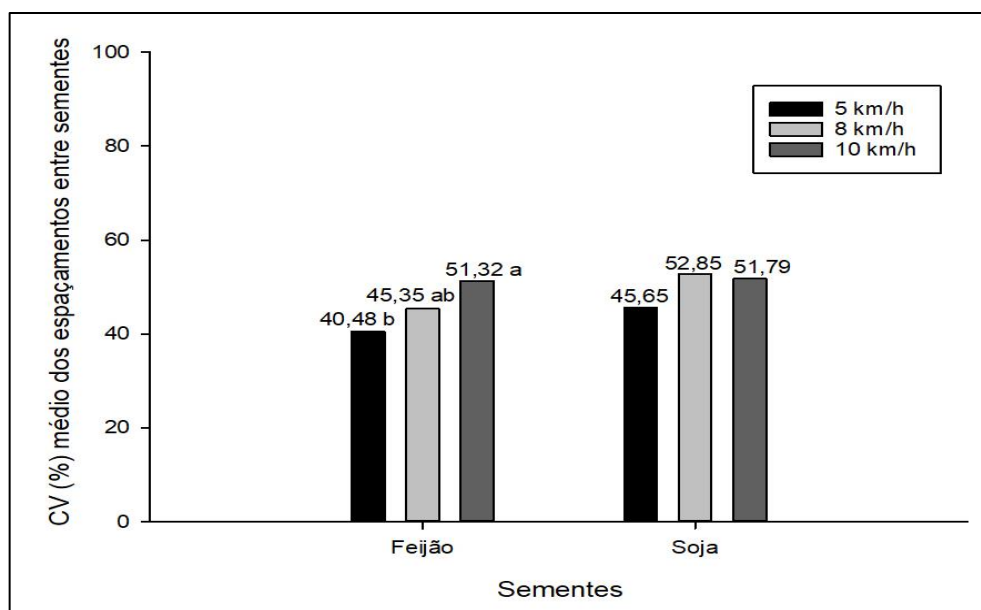
Segundo Karayel, Barut e Özmerzi (2004), o aumento da velocidade de operação da semeadora, faz com que a velocidade periférica do disco dosador também aumente, podendo ocorrer falhas na captura das sementes deixando orifícios vazios, por esse motivo a semeadura da soja na velocidade mais alta, de 10 km h^{-1} , pode ter causado o menor número de sementes por metro linear. Dessa forma, realizar o plantio em velocidades mais baixas pode proporcionar melhora na captura das sementes pelo disco dosador, elevando o número de sementes distribuídas por metro linear (SILVA, 2018). Outra razão é que com o acréscimo de velocidade a forma como as sementes passam pelo tubo condutor pode ser alterada, pois quando essas passam pelo mesmo em queda livre, adquirem uma componente horizontal de velocidade devido ao avanço da semeadora, fazendo com que elas se choquem com a parede do tubo condutor alterando o tempo que levam para chegar ao solo (PACHECO et al., 1996). O que contribui para que o número de sementes por metro linear seja alterado.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva (2018), ao constatar que com o aumento da velocidade houve a redução do número de sementes de soja por metro ao avaliar um mecanismo dosador pneumático. Outros autores como Damasceno (2017) e Savi et al. (2020), ao avaliarem a distribuição de sementes de soja, também observaram que com o aumento de velocidade o número de sementes por metro reduziu.

5.2.5. Coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes

Analisando a Figura 6, nota-se que com o aumento da velocidade de semeadura o coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes tende a se tornar maior para a cultura do feijão. Comparando-se as médias dos coeficientes de variação dos espaçamentos entre sementes de feijão, não houve diferença significativa da velocidade de 8 km h⁻¹ em relação às de 5 e 10 km h⁻¹, porém foi encontrada diferença significativa entre as velocidades de 5 e 10 km h⁻¹, em que o menor coeficiente médio encontrado foi na velocidade de 5 km h⁻¹ no valor de 40,48% e o maior na velocidade de 10 km h⁻¹ no valor de 51,32%, representando um aumento de 10,84%. Para a soja, em razão da velocidade de semeadura não ter apresentado efeito significativo, foi encontrado o coeficiente de variação médio dos espaçamentos entre sementes de 50,10% para todas as velocidades de semeadura.

Figura 6 - Coeficiente de variação médio dos espaçamentos entre sementes em função da velocidade de semeadura.



Comparação das médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os valores médios seguidos de mesma letra para cada cultura não possuem diferença significativa entre si.

Para ambas as culturas os coeficientes de variação dos espaçamentos entre sementes em todas as velocidades foram acima de 30%, sendo maior que o limite aceitável proposto por Coelho (1996).

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva (2018), uma vez que ao avaliar a distribuição de sementes de feijão por uma semeadora pneumática em diferentes velocidades, observou que o coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes foi influenciado de forma linear positiva pela velocidade, ou seja, com o acréscimo da mesma ocorreu o aumento do coeficiente de variação. Savi et al. (2020) e Silva et al. (2018) ao avaliarem o efeito da velocidade de semeadura na uniformidade de plantio, também constataram coeficientes de variação acima de 30%.

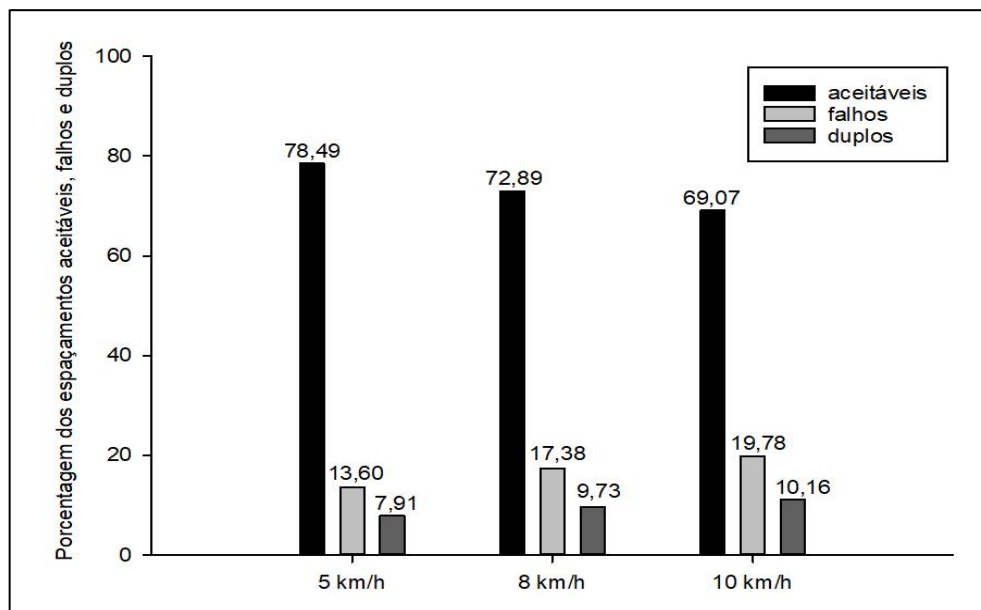
Diante dos números apresentados na Figura 6, é notável que tanto para o feijão quanto para a soja foram encontrados altos valores de coeficientes de variação dos espaçamentos entre sementes, tal comportamento pode ter ocorrido devido a condição do solo no momento da semeadura, pois mesmo com seu preparo, havia a presença de torrões que pode ter causado o desvio das sementes de sua posição inicial ao atingirem o solo, proporcionando maior irregularidade dos espaçamentos entre sementes, e assim aumentando o coeficiente de variação.

5.2.6. Classificação dos espaçamentos entre sementes

5.2.6.1. Feijão

Analisando a Figura 7, é possível perceber que não houve diferença significativa entre as velocidades de semeadura para os espaçamentos entre sementes aceitáveis, falhos e duplos, isso porque a velocidade não apresentou efeito significativo sobre essas variáveis.

Figura 7 - Classificação dos espaçamentos entre sementes de feijão em função da velocidade de semeadura.



Resultados semelhantes foram encontrados por Pinto et al. (2017), pois ao avaliarem o plantio de feijão-caupi, constataram que a velocidade de semeadura não apresentou efeito significativo sobre as porcentagens de espaçamentos aceitáveis, falhos e duplos. Almeida et al. (2020), também não encontraram efeito da velocidade de semeadura sobre distribuição longitudinal de sementes, corroborando com os resultados deste trabalho.

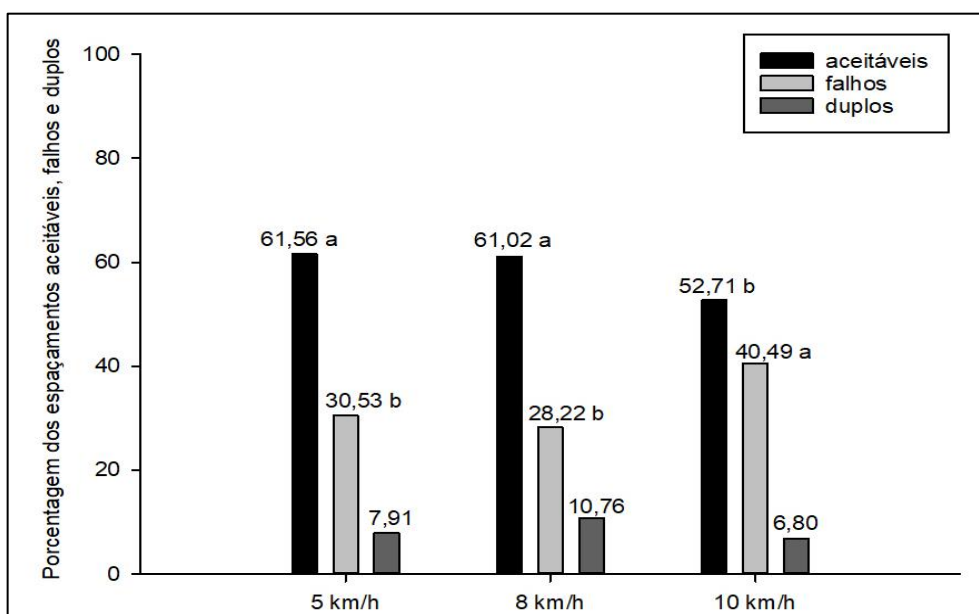
Para a velocidade de 5 km h⁻¹ foram apresentados percentuais médios de 78,49% de espaçamentos aceitáveis, 13,60% de espaçamentos falhos e 7,91% de espaçamentos duplos, para a velocidade de 8 km h⁻¹ os espaçamentos aceitáveis, falhos e duplos apresentaram percentuais médios de 72,89%, 17,38% e 9,73%, respectivamente, já na velocidade de 10 km h⁻¹ foram obtidos os percentuais médios de 69,07%, 19,78% e 10,16% para os espaçamentos aceitáveis, falhos e duplos, respectivamente. De acordo com a classificação proposta por Tourino e Klingensteiner (1983), a semeadura na velocidade de 5 km h⁻¹ apresentou bom desempenho, pois foi obtido o percentual de espaçamentos aceitáveis dentro do intervalo de 75% a 90%, e a semeadura nas velocidades de 8 e 10 km h⁻¹ obtiveram desempenho regular por terem espaçamentos aceitáveis dentro do intervalo de 50% a 75%.

5.2.6.2. Soja

Analisando a Figura 8, é possível perceber que com o aumento da velocidade de operação na semeadura da soja, há a redução dos espaçamentos aceitáveis e o aumento dos espaçamentos falhos, ocorrendo uma exceção para a velocidade de 8 km h⁻¹, em que ocorreu uma pequena redução dos espaçamentos falhos. Para os espaçamentos duplos a velocidade de semeadura não apresentou efeito significativo.

Ao se realizar a comparação das porcentagens médias de cada tipo de espaçamento, nota-se que para os espaçamentos aceitáveis não houve diferença significativa entre as velocidades de 5 e 8 km h⁻¹, porém foi apresentada diferença significativa para velocidade de 10 km h⁻¹ em relação às demais, onde da menor velocidade para a maior ocorreu a redução de 8,85% dos espaçamentos aceitáveis. Para os espaçamentos falhos foi apresentada diferença significativa somente para velocidade de 10 km h⁻¹ em relação às velocidades de 5 e 8 km h⁻¹, havendo um aumento de 12,27% do menor percentual, na velocidade de 8 km h⁻¹, para o maior, na velocidade de 10 km h⁻¹.

Figura 8 - Classificação dos espaçamentos entre sementes de soja em função da velocidade de semeadura.



Comparação das médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os valores médios seguidos de mesma letra para cada tipo de espaçamento não possuem diferença significativa entre si.

O aumento da velocidade de semeadura reduz o tempo que se tem para o preenchimento dos orifícios do disco dosador, podendo causar falhas na captura das sementes ou deixá-las fracamente retidas e serem expulsas quando submetidas ao individualizador, favorecendo a ocorrência de espaçamentos falhos (KARAYEL, BARUT E ÖZMERZI, 2004; SILVA, 2018). Além disso, com o acréscimo de velocidade a forma como as sementes passam pelo tubo condutor pode ser alterada, pois quando as sementes passam pelo mesmo em queda livre, adquirem uma componente horizontal de velocidade devido ao avanço da semeadora, fazendo com que elas se choquem com a parede do tubo condutor alterando o tempo que levam para chegar ao solo, além de fazer com que as mesmas sejam deslocadas para fora de sua posição inicial ao atingir o solo (PACHECO et al., 1996). Deste modo, esses fatores podem ter contribuído para a redução dos espaçamentos aceitáveis e o aumento dos espaçamentos falhos.

Em relação aos espaçamentos duplos, a velocidade pode não ter apresentado efeito significativo, em razão da forma das sementes de soja, pois segundo Silva (2018), a forma esférica da soja faz com que ao ser capturada a mesma ocupe quase toda a área do orifício do disco dosador, dificultando a retenção de outra semente, além disso, a força exercida pelo vácuo, no mínimo espaço que sobra no orifício, pode não ser suficiente para capturar outra semente ou então pode retê-la de forma muito fraca, fazendo com que seja retirada facilmente pelo individualizador de sementes.

Karayel (2009) e Silva (2018), encontram resultados semelhantes ao deste trabalho, pois ao avaliarem o desempenho de uma semeadora pneumática na distribuição de sementes de soja, notaram que com o incremento da velocidade houve a redução dos espaçamentos aceitáveis e o aumento dos espaçamentos falhos. Porém, outros autores como Brandelero et al. (2015), Dias et al. (2014) e Savi et al. (2020), ao avaliarem a distribuição de sementes de soja em diferentes velocidades, constataram a redução dos espaçamentos aceitáveis e o aumento dos espaçamentos falhos e duplos com o acréscimo da velocidade de operação.

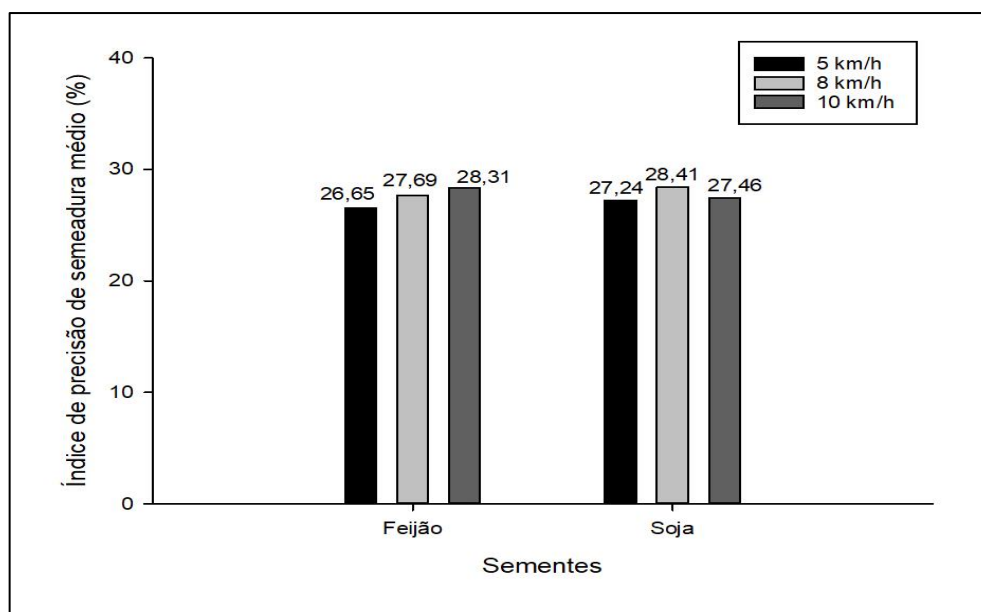
Para a velocidade de 5 km h⁻¹ foram apresentados percentuais médios de 61,56% de espaçamentos aceitáveis, 30,53% de espaçamentos falhos e 7,91% de espaçamentos duplos, para a velocidade de 8 km h⁻¹ os espaçamentos aceitáveis, falhos e duplos apresentaram percentuais médios de 61,02%, 28,22% e 10,76%, respectivamente, já na velocidade de 10 km h⁻¹ foram obtidos os percentuais médios

de 52,71%, 40,49% e 6,80% para os espaçamentos aceitáveis, falhos e duplos, respectivamente. De acordo com a classificação proposta por Tourino e Klingensteiner (1983), a semeadura, em todas as velocidades de operação, apresentou desempenho regular por terem obtido o percentual de espaçamentos aceitáveis dentro do intervalo de 50% a 75%.

5.2.7. Índice de precisão de semeadura

Analisando a Figura 9, é possível notar que para velocidades de operação mais altas o índice de precisão de semeadura é maior. Para o feijão nas velocidades de 5, 8 e 10 km h⁻¹ foram obtidos os índices médios de 26,65%, 27,69% e 28,31% respectivamente, já para a soja foram alcançados os índices de 27,24%, 28,41% e 27,46% respectivamente.

Figura 9 - Índice de precisão de semeadura médio em função da velocidade de operação.



O índice de precisão de semeadura é uma variável calculada pela razão do desvio padrão dos espaçamentos aceitáveis e o espaçamento de referência (KACHMAN; SMITH, 1995). Dessa forma os índices mais altos, que foram alcançados com as maiores velocidades, apresentaram maior dispersão dos espaçamentos

aceitáveis em torno do espaçamento de referência, indicando maior irregularidade na distribuição de sementes. Portanto, com o aumento da velocidade de operação, a precisão com que as sementes são depositadas no solo diminui (NADIN et al., 2019).

Segundo Kachman e Smith (1995), o limite superior teórico para o índice de precisão é de 50% e o limite superior prático é de 29%, sendo assim valores maiores que 50% apresentam uma alta dispersão dos espaçamentos aceitáveis demonstrando que o espaçamento de referência está incorreto, e valores acima de 29% indicam que a precisão de semeadura pode ser insatisfatória tendo que ser dada uma maior atenção a esse processo. Porém, essa situação não ocorreu para este trabalho, pois os índices médios de precisão de semeadura obtidos por todas as velocidades de operação, tanto para o feijão quanto para a soja, tiveram valores abaixo de 29%, indicando que os espaçamentos aceitáveis estão distribuídos de maneira regular dentro do intervalo estabelecido e que o espaçamento de referência está correto.

Silva (2015), ao avaliar o desempenho de uma semeadora-adubadora pneumática na distribuição de sementes de feijão, encontrou resultados semelhantes ao deste trabalho, pois ele constatou que à medida que a velocidade aumentava o índice de precisão de semeadura também se tornava maior. Karayel (2009) ao avaliar uma semeadora pneumática na distribuição de sementes de soja observou que o índice de precisão de semeadura reduziu com a diminuição da velocidade de operação da semeadora. Sendo esse comportamento semelhante ao encontrado por Savi et al. (2020) ao avaliarem a distribuição longitudinal de sementes de soja.

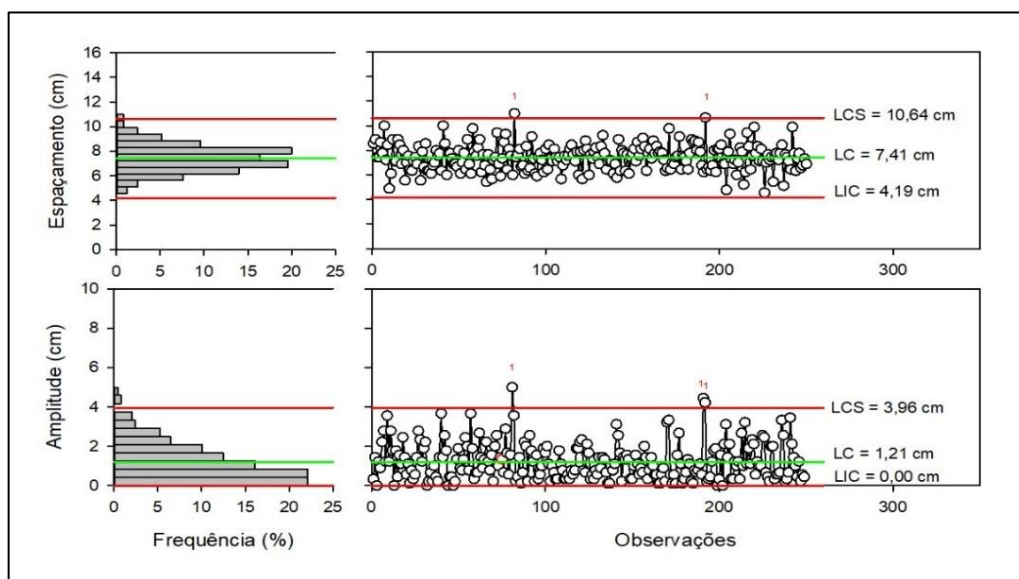
5.2.8. Cartas de controle

Para as culturas do feijão e da soja, foram elaboradas cartas de controle para os espaçamentos entre sementes e o número de sementes por metro linear em função de cada velocidade, a fim de avaliar o padrão de qualidade da distribuição de sementes analisando se o processo de semeadura nas diferentes velocidades estava sob controle estatístico.

5.2.8.1. Feijão

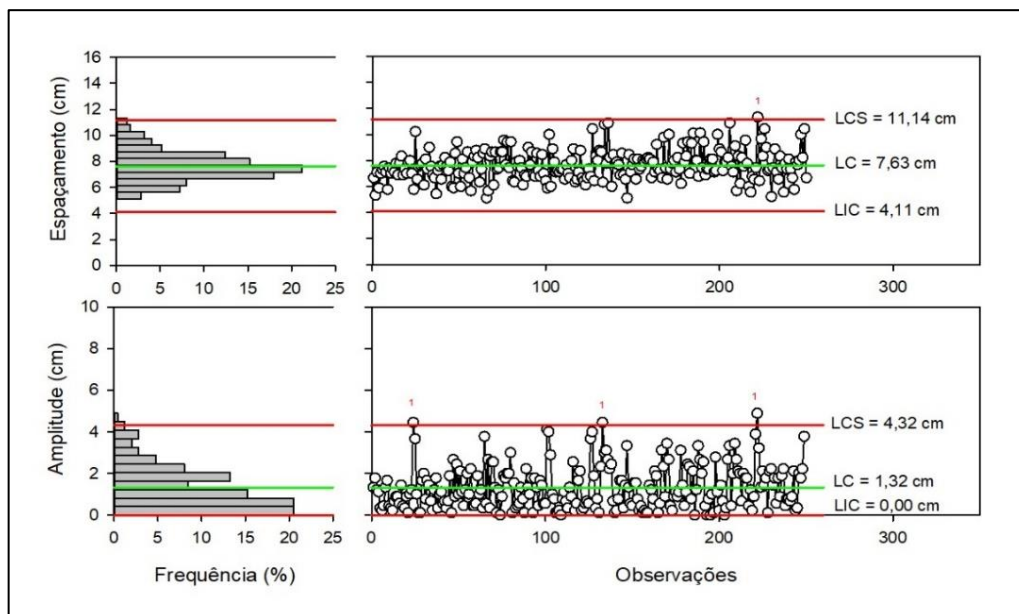
Observando as Figuras 10, 11 e 12 é possível notar que para a cultura do feijão em todos os gráficos de média e amplitude houve pontos fora do limite de controle, exceto para o gráfico de amplitude na velocidade de 10 km h⁻¹, indicando que o processo de semeadura em todas as velocidades não estava sob controle estatístico e que causas especiais podem tê-lo deixado instável. Para as velocidades de 8 e 10 km h⁻¹ foram apresentados pontos com maior variabilidade e mais distantes da linha central se comparados a velocidade de 5 km h⁻¹, sendo esse comportamento tanto para o gráfico de média quanto para o de amplitude, indicando que com o aumento da velocidade há irregularidade dos espaçamentos entre sementes, tornando a qualidade da semeadura menor.

Figura 10 - Cartas de controle de média e amplitude dos espaçamentos entre sementes de feijão em função da velocidade de 5 km h⁻¹.



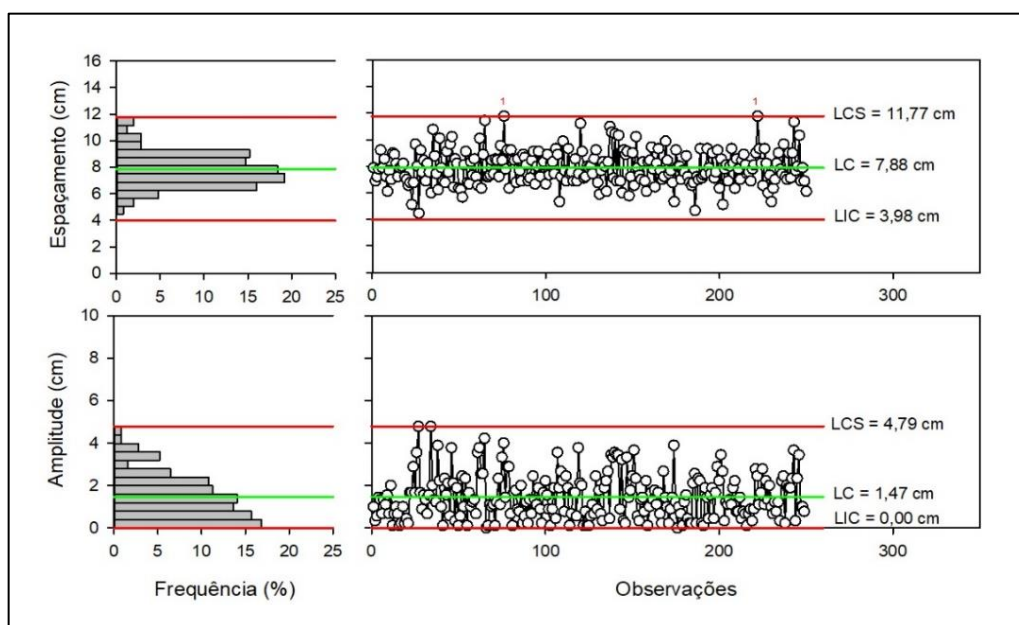
Descrição: LCS – limite de controle superior; LC – linha central; LIC – limite inferior de controle.

Figura 11 - Cartas de controle de média e amplitude dos espaçamentos entre sementes de feijão em função da velocidade de 8 km h⁻¹.



Descrição: LCS – limite de controle superior; LC – linha central; LIC – limite inferior de controle.

Figura 12 - Cartas de controle de média e amplitude dos espaçamentos entre sementes de feijão em função da velocidade de 10 km h⁻¹.



Descrição: LCS – limite de controle superior; LC – linha central; LIC – limite inferior de controle.

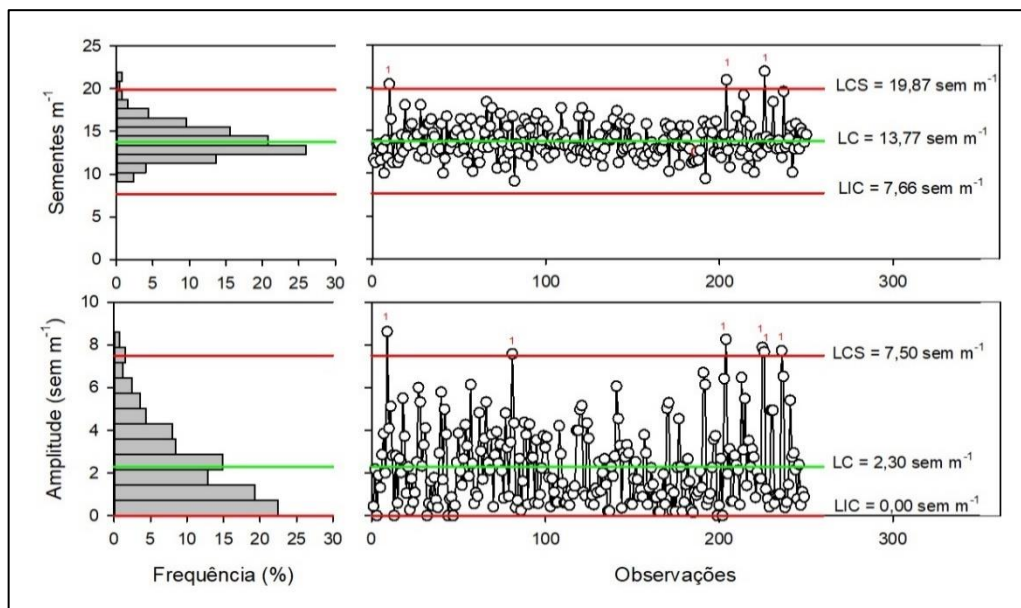
Em relação a distribuição de sementes na velocidade de 5 km h⁻¹, ao analisar o histograma dos espaçamentos entre sementes (Figura 10), é possível notar uma

maior frequência entre os valores de 6,4 cm e 8,0 cm, sendo que 70% dos espaçamentos estão nesse intervalo. Além disso, observando a amplitude dos espaçamentos entre sementes, a maior frequência ocorre abaixo de 2,0 cm, sendo essa de 82,73%. Para a velocidade de 8 km h⁻¹ (Figura 11), há uma maior frequência dos espaçamentos entre sementes entre os valores de 6,9 cm e 8,5 cm, nesse caso 66,8% dos espaçamentos estão nesse intervalo, e para essa velocidade, a amplitude dos espaçamentos entre sementes também possui maior frequência abaixo de 2,0 cm, com o valor de 77,91%. Para a velocidade de 10 km h⁻¹ (Figura 12), a maior quantidade dos espaçamentos entre sementes ocorre entre 6,6 cm e 9,0 cm, onde 83,6% dos espaçamentos estão nesse intervalo, e para essa velocidade, 71,49 % das amplitudes encontradas ocorrem abaixo de 2,0 cm.

Assim, é possível observar que com o aumento da velocidade a ocorrência de maiores espaçamentos entre sementes é mais frequente, e apesar de que para todas as velocidades de semeadura a maior frequência de amplitude está abaixo de 2,0 cm, a mesma se reduz com o aumento da velocidade, indicando que a semeadura em velocidades mais baixas proporcionam menor amplitude dos espaçamentos entre sementes, conseqüentemente uma menor variabilidade e, portanto, maior uniformidade na distribuição de sementes, que é o comportamento desejado.

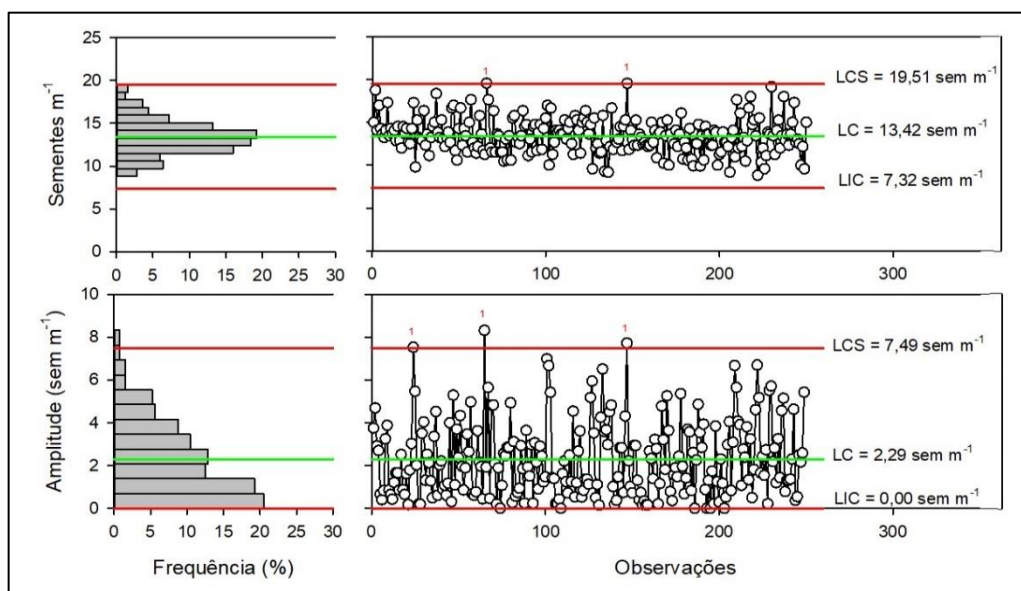
Observando as Figuras 13, 14 e 15, é constatado que para todos os gráficos de média e amplitude houve pontos fora do limite de controle, assim o processo de semeadura em todas as velocidades não estava sob controle estatístico e causas especiais podem tê-lo deixado instável. Analisando os gráficos de média e amplitude, as velocidades de 5 e 8 km h⁻¹ apresentaram pontos com maior variabilidade e mais distantes da linha central se comparados a velocidade de 10 km h⁻¹, apesar disso, nas cartas de amplitude, que representa a variabilidade das observações, há maior quantidade de pontos mais próximos de zero para as velocidade de 5 e 8 km h⁻¹, e para a velocidade de 10 km h⁻¹ a maior quantidade de pontos está mais distante de zero, indicando que para essa velocidade houve maiores amplitudes e, portanto, maior variabilidade dos dados. Assim, com o aumento da velocidade há irregularidade no número de sementes por metro linear tornando a qualidade da semeadura menor.

Figura 13 - Cartas de controle de média e amplitude do número de sementes de feijão por metro linear em função da velocidade de 5 km h^{-1} .



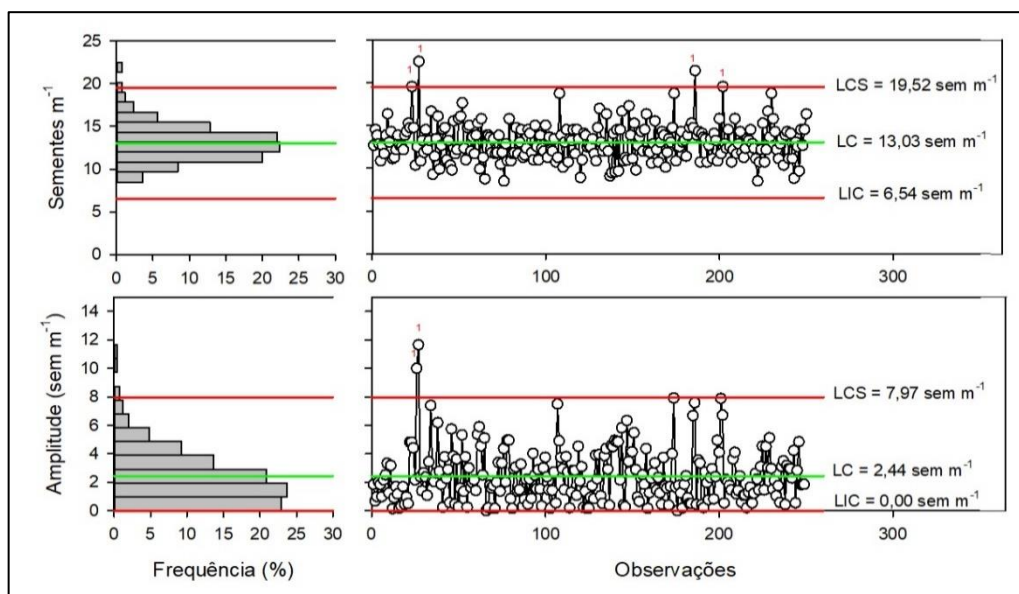
Descrição: LCS – limite de controle superior; LC – linha central; LIC – limite inferior de controle.

Figura 14 - Cartas de controle de média e amplitude do número de sementes de feijão por metro linear em função da velocidade de 8 km h^{-1} .



Descrição: LCS – limite de controle superior; LC – linha central; LIC – limite inferior de controle.

Figura 15 - Cartas de controle de média e amplitude do número de sementes de feijão por metro linear em função da velocidade de 10 km h⁻¹.



Descrição: LCS – limite de controle superior; LC – linha central; LIC – limite inferior de controle.

Em relação a distribuição de sementes na velocidade de 5 km h⁻¹, ao analisar o histograma do número de sementes por metro linear (Figura 13), é possível notar uma maior frequência entre os valores de 11,8 sem m⁻¹ e 15,0 sem m⁻¹, sendo essa de 76%. Já para a velocidade de 8 km h⁻¹ (Figura 14), a maior frequência, de 66,8%, ocorre dentro do intervalo de 11,9 sem m⁻¹ a 14,6 sem m⁻¹. Na velocidade de 10 km h⁻¹ (Figura 15) a maior frequência do número de sementes por metro linear ocorre no intervalo de 11,4 sem m⁻¹ a 14,9 sem m⁻¹, sendo essa de 77,2%. Além disso, observando a amplitude do número de sementes por metro linear para as velocidades de 5 e 8 km h⁻¹, há maior frequência abaixo de 2,0 sem m⁻¹, sendo essas de 54,62% e 52,21% respectivamente. Já para a velocidade de 10 km h⁻¹ há maior frequência da amplitude acima de 2,0 sem m⁻¹, sendo essa de 53,41%.

Assim, é possível observar que com o aumento da velocidade a ocorrência de menor número de sementes por metro linear é mais frequente, e que para as menores velocidades há uma maior frequência de amplitudes abaixo de 2,0 sem m⁻¹, portanto mais próximas de zero, indicando que com velocidades mais baixas é possível ter uma menor variabilidade dos dados observados e, portanto, maior uniformidade na distribuição de sementes, que é o comportamento desejado.

Tais resultados se devem ao fato de que em todas as velocidades houve elevados percentuais de coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes, demonstrando uma grande dispersão dos valores em torno do espaçamento médio sendo isso mais evidente para maiores velocidades, causando instabilidade no processo de semeadura e conseqüentemente diminuindo o seu padrão de qualidade e uniformidade de distribuição de sementes.

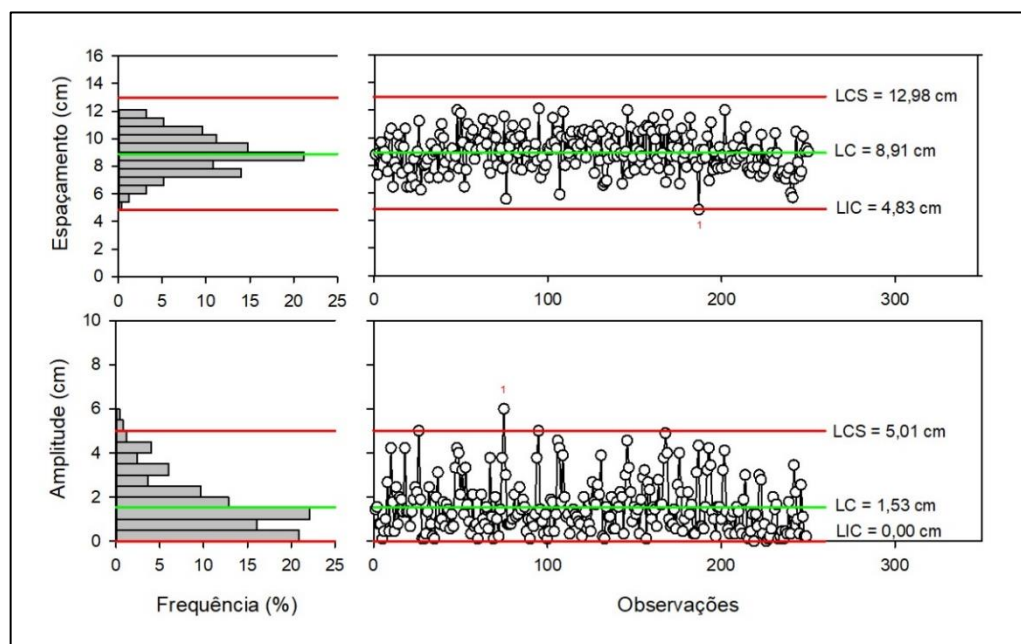
Esse comportamento pode ter ocorrido devido ao aumento da velocidade de operação da semeadora, pois com isso há o aumento da velocidade periférica do disco dosador de sementes e a redução do tempo para preencher seus orifícios, fazendo com que possa ocorrer falhas na captura de sementes ou deixá-las fracamente retidas e serem expulsas quando submetidas ao individualizador, o que proporciona uma maior frequência de espaçamentos falhos, favorecendo a irregularidade na distribuição de sementes (KARAYEL; BARUT; ÖZMERZI, 2004; SILVA, 2018). Além disso, outro fator que pode ter contribuído para a instabilidade do processo de semeadura foi a condição do solo, pois o mesmo continha a presença de torrões o que pode ter causado o desvio das sementes de sua posição inicial ao atingirem o solo, proporcionando maior irregularidade dos espaçamentos entre sementes e do número de sementes por metro linear.

Contraopondo os resultados deste trabalho, Damasceno (2017), ao avaliar sistemas dosadores de sementes em diferentes velocidades de semeadura, não encontrou instabilidade no processo para nenhuma das velocidades, porém em relação a variabilidade das observações o comportamento foi semelhante, pois para a maior velocidade foi encontrada maior variabilidade. Autores como Melo et al. (2013) e Carpes et al. (2018) também alcançaram o processo de semeadura sob controle em diferentes velocidades, porém com maior variabilidade das observações em torno da média para velocidades mais elevadas. Portanto, corroboram que com o acréscimo da velocidade há maior irregularidade da distribuição de sementes e conseqüentemente a redução da qualidade e uniformidade do processo de semeadura.

5.2.8.2. Soja

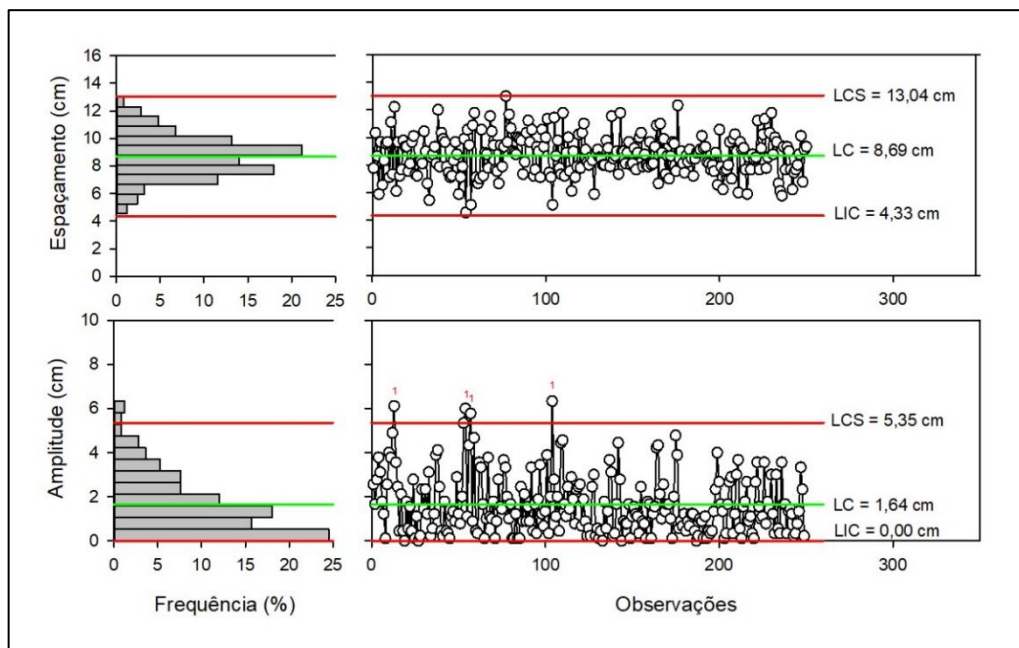
Analisando as Figuras 16, 17 e 18, observa-se que para a soja, todas as cartas apresentaram pontos fora do limite de controle, indicando que o processo de semeadura em todas as velocidades não estava sob controle estatístico e que causas especiais podem ter ocasionado instabilidade. Com exceção para o gráfico de média na velocidade 8 km h⁻¹, que não apresentou pontos fora do limite de controle. Além disso, para as velocidades de 8 e 10 km h⁻¹ foram apresentados pontos com maior variabilidade e mais distantes da linha central se comparados a velocidade de 5 km h⁻¹, tanto para o gráfico de média quanto para o de amplitude, indicando que com o aumento de velocidade há uma irregularidade dos valores de espaçamentos entre sementes, tornando a qualidade da semeadura menor.

Figura 16 - Cartas de controle de média e amplitude dos espaçamentos entre sementes de soja em função da velocidade de 5 km h⁻¹.



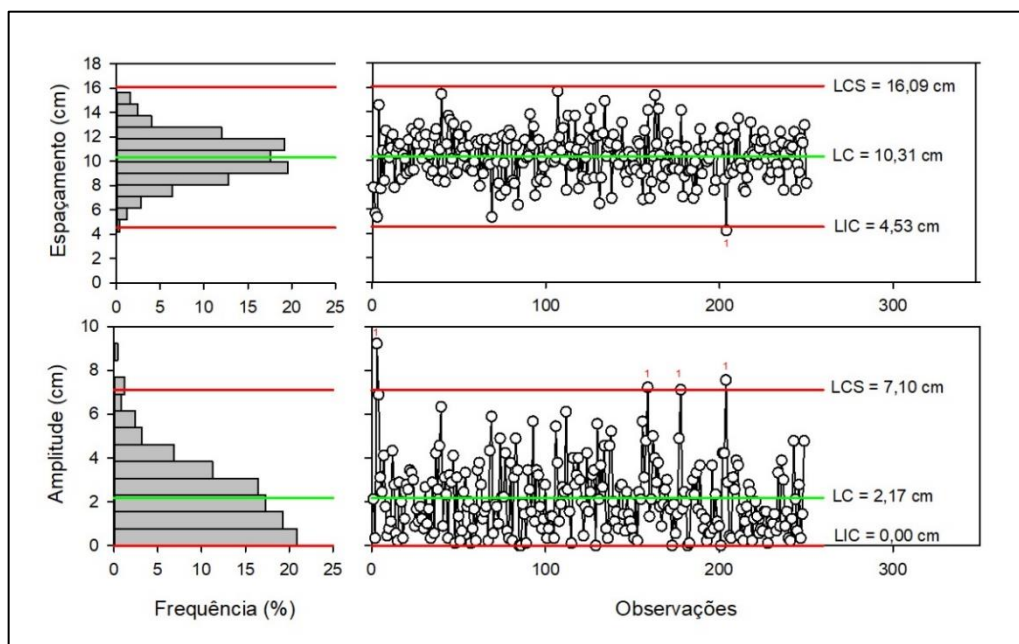
Descrição: LCS – limite de controle superior; LC – linha central; LIC – limite inferior de controle.

Figura 17 - Cartas de controle de média e amplitude dos espaçamentos entre sementes de soja em função da velocidade de 8 km h⁻¹.



Descrição: LCS – limite de controle superior; LC – linha central; LIC – limite inferior de controle.

Figura 18 - Cartas de controle de média e amplitude dos espaçamentos entre sementes de soja em função da velocidade de 10 km h⁻¹.



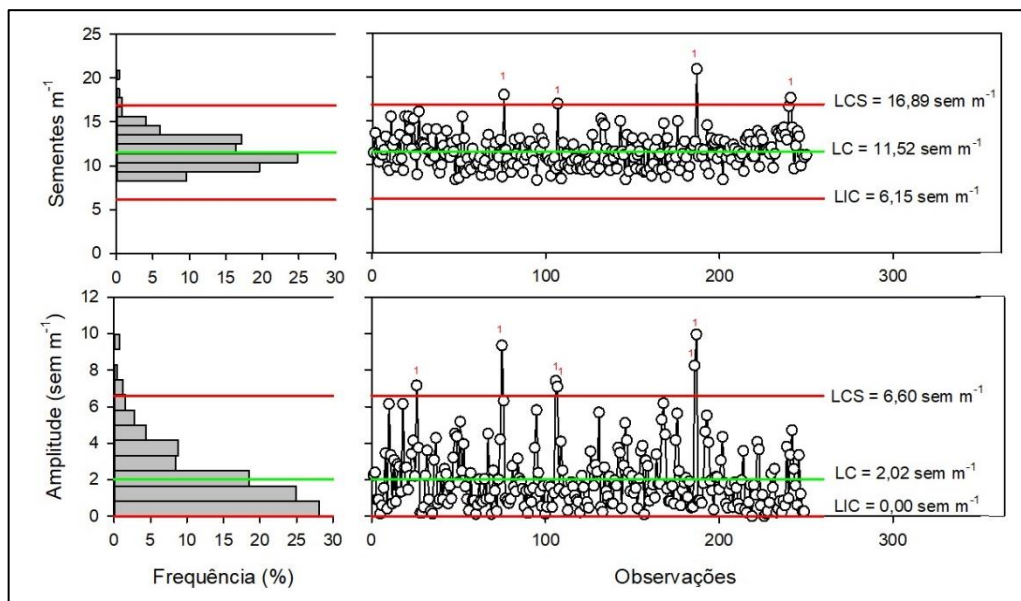
Descrição: LCS – limite de controle superior; LC – linha central; LIC – limite inferior de controle.

Em relação a distribuição de sementes na velocidade de 5 km h^{-1} , ao analisar o histograma dos espaçamentos entre sementes (Figura 16), é possível notar uma maior frequência entre os valores de 7,5 cm e 9,9 cm, sendo que 72% dos espaçamentos estão nesse intervalo. Além disso, observando a amplitude dos espaçamentos entre sementes, a maior frequência ocorre abaixo de 2,0 cm, sendo essa de 71,89%. Para a velocidade de 8 km h^{-1} (Figura 17), há uma maior frequência dos espaçamentos entre sementes entre os valores de 7,0 cm e 9,8 cm, nesse caso 78% dos espaçamentos estão nesse intervalo, e para essa velocidade, a amplitude dos espaçamentos entre sementes também possui maior frequência abaixo de 2,0 cm, com o valor de 70,28%. Para a velocidade de 10 km h^{-1} (Figura 18), a maior quantidade dos espaçamentos entre sementes ocorre entre 8,5 cm e 12,3 cm, onde 81,2% estão nesse intervalo, e para essa velocidade, 57,43 % das amplitudes encontradas ocorrem abaixo de 2,0 cm.

Assim, é possível observar que com a maior velocidade a ocorrência de maiores espaçamentos entre sementes é mais frequente, e apesar de todas as velocidades de semeadura terem a maior frequência de amplitude abaixo de 2 cm, essa frequência reduz com o aumento da velocidade, indicando que a semeadura em velocidades mais baixas proporciona menor amplitude dos espaçamentos entre sementes, consequentemente uma menor variabilidade e, portanto, maior uniformidade na distribuição de sementes, que é o comportamento desejado.

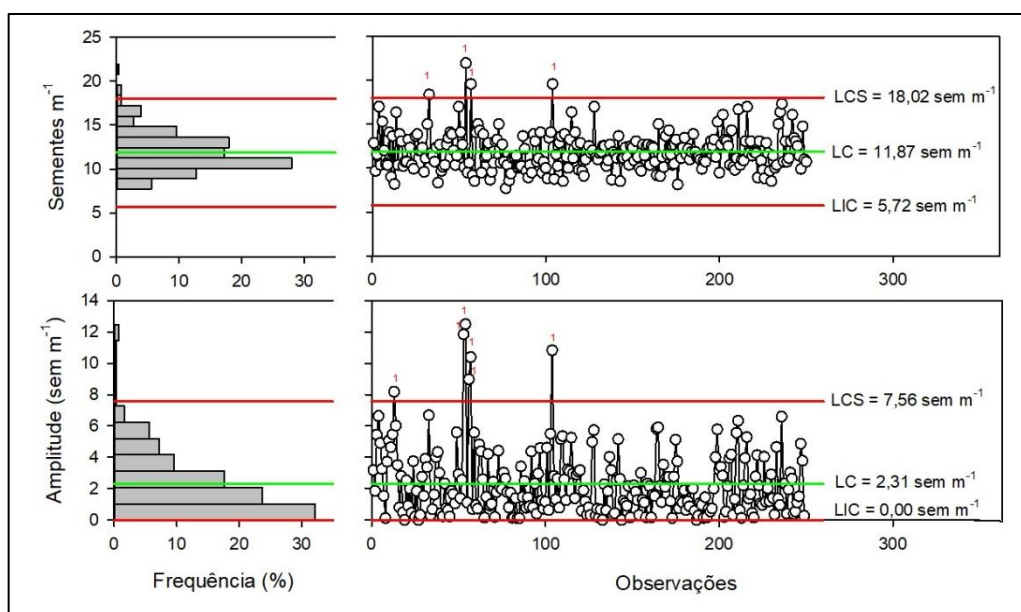
Observando as Figuras 19, 20 e 21 constata-se que para todos os gráficos de média e amplitude houve pontos fora do limite de controle, assim o processo de semeadura em todas as velocidades não estava sob controle estatístico e causas especiais podem tê-lo deixado instável. Analisando os gráficos de média e amplitude, a velocidade de 8 km h^{-1} apresentou pontos com maior variabilidade e mais distantes da linha central se comparado às velocidades de 5 e 10 km h^{-1} . Assim, para a velocidade de 8 km h^{-1} houve maior irregularidade no número de sementes por metro linear tornando a qualidade da semeadura menor.

Figura 19 - Cartas de controle de média e amplitude do número de sementes de soja por metro linear em função da velocidade de 5 km h⁻¹.



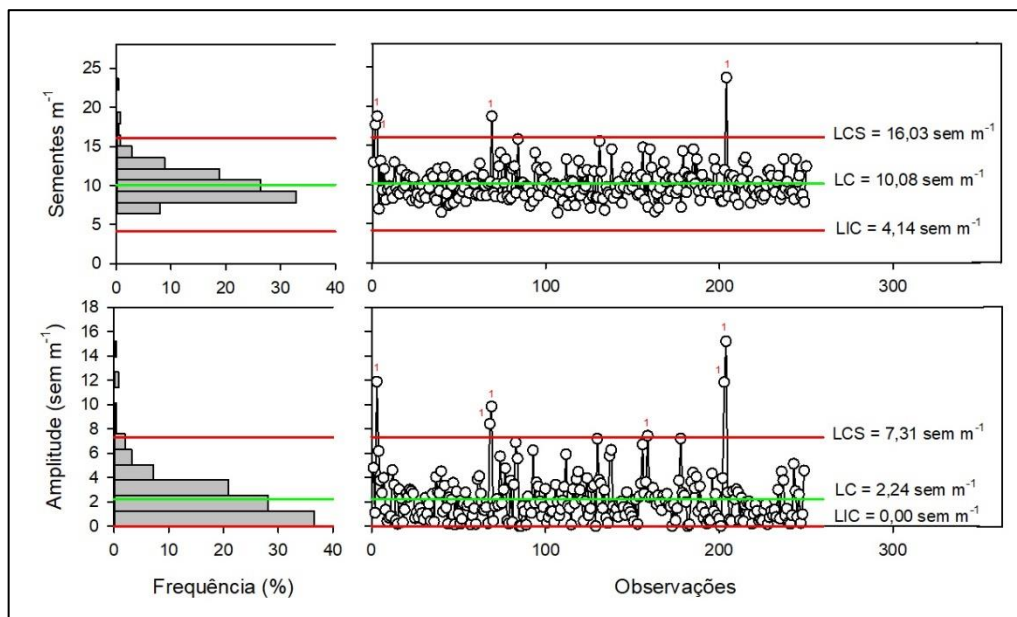
Descrição: LCS – limite de controle superior; LC – linha central; LIC – limite inferior de controle.

Figura 20 - Cartas de controle de média e amplitude do número de sementes de soja por metro linear em função da velocidade de 8 km h⁻¹.



Descrição: LCS – limite de controle superior; LC – linha central; LIC – limite inferior de controle.

Figura 21 - Cartas de controle de média e amplitude do número de sementes de soja por metro linear em função da velocidade de 10 km h⁻¹.



Descrição: LCS – limite de controle superior; LC – linha central; LIC – limite inferior de controle.

Em relação a distribuição de sementes na velocidade de 5 km h⁻¹, ao analisar o histograma do número de sementes por metro linear (Figura 19), é possível notar uma maior frequência entre os valores de 9,8 sem m⁻¹ e 13,0 sem m⁻¹, sendo de 78%. Já para a velocidade de 8 km h⁻¹ (Figura 20), a maior frequência do número de sementes por metro linear, de 76%, ocorre dentro do intervalo de 9,5 sem m⁻¹ a 13,0 sem m⁻¹. Na velocidade de 10 km h⁻¹ (Figura 21) a maior frequência ocorre no intervalo de 8,5 sem m⁻¹ a 11,4 sem m⁻¹, sendo de 78%. Além disso, observando a amplitude do número de sementes por metro linear para todas as velocidades a maior frequência de amplitude ocorreu abaixo de 3 sem m⁻¹, sendo 79,92%, 73,49% e 64,66% para as velocidades de 5, 8 e 10 km h⁻¹, respectivamente.

Assim, é possível observar que com o aumento da velocidade a ocorrência de menor número de sementes por metro linear é mais frequente, e que para as menores velocidades há uma maior frequência de amplitudes abaixo de 3 sem m⁻¹, portanto mais próximas de zero, indicando que com velocidades mais baixas é possível ter uma menor variabilidade dos dados observados e, portanto, maior uniformidade na distribuição de sementes, que é o comportamento desejado.

Tais resultados se devem ao fato de que em todas as velocidades houve elevados percentuais de coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes, demonstrando uma grande dispersão dos valores em torno do espaçamento médio sendo isso mais evidente para maiores velocidades, causando instabilidade no processo de semeadura e conseqüentemente diminuindo o seu padrão de qualidade e uniformidade de distribuição de sementes.

Esse comportamento pode ter ocorrido devido ao aumento da velocidade de operação da semeadora, pois com isso há o aumento da velocidade periférica do disco dosador de sementes e a redução do tempo para preencher seus orifícios, fazendo com que possa ocorrer falhas na captura de sementes ou deixá-las fracamente retidas e serem expulsas quando submetidas ao individualizador, o que proporciona uma maior frequência de espaçamentos falhos, favorecendo a irregularidade na distribuição de sementes (KARAYEL; BARUT; ÖZMERZI, 2004; SILVA, 2018). Além disso, outro fator que pode ter contribuído para a instabilidade do processo de semeadura foi a condição do solo, pois o mesmo continha a presença de torrões o que pode ter causado o desvio das sementes de sua posição inicial ao atingirem o solo, proporcionando maior irregularidade dos espaçamentos entre sementes e do número de sementes por metro linear.

Contrapondo os resultados deste trabalho, Damasceno (2017) ao avaliar sistemas dosadores de sementes em diferentes velocidades de semeadura da soja, não encontrou instabilidade no processo para nenhuma das velocidades, porém em relação a variabilidade das observações o comportamento foi semelhante, pois com o aumento da velocidade foi encontrada maior variabilidade. Autores como Melo et al. (2013) e Carpes et al. (2018) também alcançaram o processo de semeadura sob controle em diferentes velocidades, porém com maior variabilidade das observações em torno da média para velocidades mais elevadas. Portanto, corroboram que com o acréscimo da velocidade aumenta-se a irregularidade da distribuição de sementes, e conseqüentemente a redução da qualidade e uniformidade do processo de semeadura.

6. CONCLUSÕES

Diante do que foi apresentado pode ser concluído que no cultivo do feijão a velocidade de semeadura apresentou efeito significativo somente para o coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes, sendo que com maiores velocidades foram obtidos coeficientes mais altos. No cultivo da soja, a velocidade de operação apresentou efeito significativo para o espaçamento entre sementes, o número de sementes por metro linear e para as porcentagens de espaçamentos aceitáveis e falhos, de modo que, com o aumento da mesma foram obtidos maiores espaçamentos entre sementes e porcentagens de espaçamentos falhos, além da redução do número de sementes por metro linear e da porcentagem de espaçamentos aceitáveis.

Por outro lado, as linhas de semeadura não apresentaram efeito significativo sobre distribuição longitudinal das sementes de feijão e soja.

Em relação a qualidade do processo para ambas as culturas, a semeadura em todas as velocidades não estava sob controle estatístico, porém a variabilidade das observações reduziu com a diminuição da velocidade de trabalho. Assim, com o aumento da velocidade foi reduzida a uniformidade da distribuição de sementes e conseqüentemente a qualidade do processo de semeadura.

Dessa forma, a utilização de velocidades de operação mais baixas proporcionou maior estabilidade para o processo de semeadura, e assim melhores resultados.

7. BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, L. et al. Influência do preparo do solo e da velocidade de semeadura nos atributos agronômicos do feijão. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 14859-14874, mar. 2020.

ALONÇO, A. S. et al. Distribuição longitudinal de sementes de algodão e girassol com diferentes velocidades e inclinações em dosadores pneumáticos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 16, n. 2, p. 63-70, mar./abr. 2015.

ALONÇO, A. S. et al. Influência da inclinação transversal e velocidade de operação sobre o desempenho de dosadores pneumáticos com semente de soja. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 22, n. 2, p. 119-127, mar./abr. 2014.

ANTUNES, J. M. Cuidados na semeadura de verão. Embrapa, 2018.

ANTUNES, P. L. et al. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivares RICO 23, CARIOCA, PIRATÃ-1 e ROSINHA-G2. **Revista brasileira de agrociência**, v.1, n. 1, jan./abr. 1995.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. Piracicaba, SP: Luiz Antonio Balastreire, 2004.

BORTOLI, L. F. et al. Sowing speed can affect distribution and yield of soybean. **Australian Journal of Crop Science**, v. 15, n. 1, p. 16-22, jan. 2021.

BOTTEGA, E. L. et al. Qualidade da semeadura do milho em função do sistema doador de sementes e velocidade de operação. **Global Science and Technology**, v. 7, n. 1, p. 107-114, 2014.

BRANDELERO, E. M. et al. Seeder performance under diferente speeds and its relation to soybean cultivars yield. **Journal of Agronomy**, v. 14, n. 3, p. 139-145, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Indicadores gerais Agrostat**. MAPA. 2021. Disponível em: <<https://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 398 p.

BREECE, H. E. et al. **Fundamentos de funcionamiento de maquinaria – siembra**. Illinois: Deere, 1975. 171 p.

CARPES, D. P. et al. Qualidade da distribuição longitudinal de sementes de milho por um dosador-apanhador com auxílio pneumático. **Revista Engenharia na Agricultura**. Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 43-51, 2018.

COELHO, J. L. D. Ensaio e certificação das máquinas para semeadura. In: MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação**. Piracicaba: FEALQ, 1996. Cap. 11, p. 551-570.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTACIMENTO. **Série histórica das safras**. Conab. 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

COPETTI, E. Ajuste fino. **Revista Cultivar Máquinas**, n. 140, p. 22-24, 2014.

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

COŞKUNER, Y.; KARABABA, E. Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). **Journal of food Engineering**, v. 78, n. 3, p. 1067-1073, 2007.

DAMASCENO, A. F. **Sistema dosador de sementes e velocidade de operação na semeadura direta de soja**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.

DIAS, V. O. et al. Velocidade periférica do disco em mecanismos dosadores de sementes de milho e soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 11, p. 1973-1979, nov. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja em números (safra 2020/2021)**. Embrapa soja. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em 20 out. 2021.

FAGANELLO, A. **Cuidados na semeadura de verão**. Embrapa. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/39868052/artigo---cuidados-na-semeadura-de-verao>>. Acesso em: 18 out. 2021.

FERREIRA, L. T.; DE ALMEIDA, I. L. **Feijão nosso de todo dia**. Embrapa. 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1462995/o-feijao-nosso-de-todo-dia>>. Acesso em: 19 out. 2021.

GARCIA, R. F. et al. Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão no Norte Fluminense. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 3, p. 417-422, 2011.

GONELI, A. L. D. et al. Propriedades físicas dos frutos de mamona durante a secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 33, n. 2, p. 148-155, 2008.

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

KAPPES, C. et al. Feijão comum: características morfo-agronômicas de cultivares. In: **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., 2008, Campinas. Ciência e tecnologia na cadeia produtiva do feijão. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008., 2008.

KARAYEL, D. Performance of a modified precision vacuum seeder for no-till sowing of maize and soybean. **Soil and Tillage Research**, v. 104, n. 1, p. 121-125, jun. 2009.

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

KEPNER, R. A.; BAINER, R.; BARGER, E. L. **Principles of farm machinery**. 3 ed. Wesport: AVI Publishing Company, 1978. 527 p.

KOSTIĆ, M. et al. Corn seeding process fault cause analysis based on a theoretical and experimental approach. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 151, p. 207-218, 2018.

KURACHI, S. A. H. et al. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**. Campinas, v. 48, n. 2, p 249-262, 1989.

LOVATO, F. et al. Composição centesimal e conteúdo mineral de diferentes cultivares de feijão biofortificado (*Phaseolus vulgaris* L.). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, 2018.

MACHADO, T. M.; REYNALDO, E. F. Avaliação de diferentes semeadoras e mecanismos dosadores de sementes em relação à velocidade de deslocamento. **Energia na Agricultura**, v. 32, n. 1, p. 12-16, jan./mar. 2017.

MANTOVANI, E. C.; CRUZ, J. C.; OLIVERIA, A. C. D. Avaliação em campo de uma semeadora-adubadora para semeadura de milho de alta densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 1, p. 38-48, 2015.

MATOS, E. S. et al. Mecanismos sulcadores e velocidade de semeadura na plantabilidade e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 36-42, mar. 2021.

MELO, R. P. et al. Qualidade na distribuição de sementes de milho em semeadoras em um solo cearense. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 1, p. 94-101, jan./mar. 2013.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas para plantio**. São Paulo: Millennium. 623 p., 2012.

MILAN, M.; FERNANDES, R. A. T. Qualidade das operações de preparo de solo por controle estatístico de processo. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 2, p. 261-266, abr./jun. 2002.

MISSÃO, M. R. Soja: origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado. **Maringá Management: Revista de ciências empresariais**, v.3, n.1, p. 7-15, jan./jun. 2006.

Mohsenin, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Publishers, 1986. 841p.

NADIN, W. et al. Effect of the sowing speed on the distribution regularity of maize seeds. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 37, n. 2, p. 1-8, 2019.

NAGAOKA, A. K. et al. Distribuição longitudinal de sementes de milho utilizando semeadora de quatro linhas em sistema de plantio direto. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 44., 2015, São Pedro – SP. **Anais [...]**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2015.

NAVES, R. F. et al. Desempenho agrônômico da soja em diferentes velocidades de semeadura e profundidade de deposição do adubo em plantio direto. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, 2020.

NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N. **Características da soja**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. 2008. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_24_271020069131.html>. Acesso em: 19 out. 2021.

OLIVEIRA, C. C. D. et al. **Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processo de medição quantitativos em laboratório de ensaio**. 1ª ed. São Paulo: Instituto Adolfo Luiz, 2013. 76 p.

PACHECO, E. P. et al. Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.3, p.209-214, 1996.

PINHEIRO NETO, R. et al. Desempenho de mecanismos dosadores de sementes em diferentes velocidade e condições de cobertura do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, p. 611-617, 2008.

PINTO, A. A. et al. Espaçamento longitudinal e produtividade de feijão caupi com uso de semeadora manual. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa – MG, v. 25, n. 6, p. 500-508, 2017.

PIRES, C. V. et al. Composição físico-química de diferentes cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 16, n. 2, p. 157-162, abr./jun. 2005.

PORTELLA, J. A. **Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas**. Passo Fundo, RS: Embrapa CNPT, 1997.

QUANWEI, L. et al. Effect of travel speed on seed spacing uniformity of corn seed meter. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 10, n. 4, p. 98-106, 2017.

RAMOS, A. W. Controle estatístico do processo. In: CONTADOR, J. C. **Gestão de Operações: A Engenharia de Produção a serviço da modernização da empresa**. 3ª ed. São Paulo: Blucher, 2010.

REIS, A. V. Erros na semeadura. **Cultivar Máquinas**. n. 2, 2001.

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

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. S. T. **Controle estatístico do processo: Cartas de controle para variáveis, cartas de controle para atributos, função de perda quadrática, análise de sistemas de medição**. Porto Alegre, RS: FEENG/UFRGS, 2012. 172 p.

RINALDI, P. C. N. et al. Influência da profundidade de adubação e da velocidade de uma semeadora no estabelecimento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 18, n. 2, p. 123-130, mar./abr. 2010.

SALVADOR, C. A. Prognóstico feijão – novembro de 2020. **Divisão de Conjuntura Agropecuária – Departamento de Economia Rural**. 2020.

SANGOI, L. et al. Variabilidade na distribuição espacial de plantas na linha e rendimento de grãos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 3, p. 268-277, 2012.

SAVI, D. et al. Influence of seed tube curvate on seed longitudinal distribution. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 40, n. 6, p. 732-739, nov./dez. 2020.

SILVA, A. A. et al. Influência de diferentes velocidades de semeadura na produtividade da soja. In: Semana de Ciências Agrárias e Jornada da Pós-Graduação em Produção Vegetal, 15., 2018, Ipameri, GO. **Anais [...]**. Ipameri, GO: Universidade Estadual de Goiás, 2018.

SILVA, A. C. **Desempenho dinâmico de uma semeadora-adubadora em função do mecanismo dosador e da carga aplicada pela roda compactadora**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2015.

SILVA, A. C. **Sensor óptico para avaliação de mecanismo dosador pneumático de sementes**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2018.

STAGGENBORG, S. A.; TAYLOR, R. K.; MADDUX, L. D. Effect of planter speed and seed firmers on corn stand establishment. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 20, n. 5, p. 573-580, 2004.

TOLEDO, A. D. et al. Caracterização das perdas e distribuição de cobertura vegetal em colheita mecanizada de soja. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 710-719, 2008.

TOLEDO, T. C. F. D.; CANNIATTI-BRAZAGA, S. G. Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 355-360, abr./jun. 2008.

TORRES, L. S. **Controle estatístico de processo aplicado ao monitoramento de perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). 75 p. Jaboticabal, SP. Universidade Estadual Paulista, 2014.

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

VOLTARELLI, M. A. et al. Qualidade do corte basal de cana-de-açúcar utilizando-se de três modelos de facas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 528-541, mai./jun. 2015.

VOLTARELLI, M. A. et al. Quality of performance of the operation of sugarcane mechanized planting in day and night shifts. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 9, p. 1396-1406, 2013.

WANDER, A. E.; DA SILVA, O. F.; FERREIRA, C. M. O arroz e o feijão no Brasil e no mundo. *In*: FERREIRA, C. M. et al. **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2021.