

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

JOÃO VICTOR OLIVEIRA GOMES

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SISTEMAS PNEUMÁTICO E MECÂNICO
NA SEMEADURA DA SOJA SOB DIFERENTES VELOCIDADES DE
DESLOCAMENTO**

**CHAPADINHA, MA
2022**

JOÃO VICTOR OLIVEIRA GOMES

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SISTEMAS PNEUMÁTICO E
MECÂNICO NA SEMEADURA DA SOJA SOB DIFERENTES VELOCIDADES
DE DESLOCAMENTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a coordenação do curso de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Maranhão como requisito indispensável para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Graduando: João Victor Oliveira Gomes

Orientador: Prof. Dr. Washington da Silva Sousa

Coorientador: Msc. Jarlyson Brunno Costa Souza

**CHAPADINHA, MA
2022**

TCC defendido e aprovado, em ____28____ de ____julho____ de ____2022____, pela
Comissão Examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Washington da Silva Souza
Curso de Engenharia Agrícola
Orientador

Prof. Dr. Edmilson Igor Bernardo Almeida
Curso de Agronomia
Examinador

M.Sc. Armando Lopes de Brito Filho
Curso de Engenharia Agrícola
Examinador

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Oliveira Gomes, João Victor.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SISTEMAS PNEUMÁTICO E
MECÂNICO NA SEMEADURA DA SOJA SOB DIFERENTES VELOCIDADES
DE DESLOCAMENTO / João Victor Oliveira Gomes. - 2022.
32 p.

Coorientador(a): Jarlyson Brunno Costa Souza.

Orientador(a): Washington da Silva Sousa.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola,
Universidade Federal do Maranhão, chapadinha, 2022.

1. Controle estatístico de processo. 2. Performance.
3. Plantabilidade. 4. Pneumático. 5. Semeadora. I.
Costa Souza, Jarlyson Brunno. II. da Silva Sousa,
Washington. III. Título.

À Deus e a minha família, em especial a minha mãe, Idalina Viana de Oliveira Gomes, por acreditarem em mim, e investirem em minha educação.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por estar sempre ao meu lado diante dos dias difíceis e por todo o meu direcionamento até esse momento

Aos meus pais George Gustavo Gomes e Idalina Viana de Oliveira Gomes, e aos meus irmãos George Gustavo Gomes Júnior e Edna Lorena Oliveira Gomes, por sempre ser minha base e meu alicerce, por ter depositado toda sua confiança em mim e me fazer chegar até aqui, apoiando de todas as formas possíveis, amo vocês.

À minha tia Sônia Gomes, por ter investido na minha educação e acreditado no meu potencial, serei eternamente grato.

À toda minha família em geral, que sempre me ajudaram de forma direta ou indireta, seja na compra de uma rifa para conseguir participar de estágio, até um conselho que me foi dado.

Às amizades que fiz na UFMA, em especial a galera da “truagem no curral”, que sempre fizeram as noites de trabalho em grupo mais interessantes.

Ao meu orientador, Professor Dr. Washigton da Silva Sousa e ao Professor Dr. Edmilson Igor Bernardo Almeida, pela oportunidade, principalmente a confiança no meu trabalho e apoio durante a graduação.

Ao meu coorientador, Jarlyson Brunno, que é uma referência pra mim de: “se você quer, corre atrás que da certo”.

Aos grupos de pesquisas GETAD e NEPF, por todo apoio nas avaliações, em especial a Eduardo Arouche, Mirla Monteles, Janine Quadros, Leonardo Barbosa e Marcelo Souza.

À toda equipe do Centro de Ciências de Chapadinha e a todos os funcionários, por toda a estrutura e conhecimento transmitido ao longo desta jornada.

*“O trabalho duro supera o talento quando
o talento não trabalha duro”
(Kevin Durant)*

SUMÁRIO

RESUMO	11
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo geral.....	13
2.2. Objetivos específicos.....	13
3. REVISÃO BIBLOGRÁFICA	14
3.1. Semeadura mecanizada	14
3.2. Fatores que influênciam a semeadura	15
3.3. Controle estatístico de processos.....	16
4. MATERIAIS E MÉTODOS	18
4.1. Caracterização da área experimental.....	18
4.2. Descrição de equipamentos e procedimentos.....	19
4.3. Delineamento experimental e análise estatística.	20
4.4. Indicadores de qualidade	21
4.4.1. Distribuição longitudinal e transversal.....	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
5.1. Qualidade do processo de semeadura quanto à profundidade de sementes, para diferentes sistemas de distribuição e velocidades de deslocamento.	22
5.2. Qualidade do processo de semeadura quanto à distância longitudinal das sementes para diferentes sistemas de distribuição e velocidade de deslocamento.	24
5.2.1. Aceitáveis.....	24
5.2.2. Duplas	26
5.2.3. Falhas	27
5.2.4. Estande de sementes.....	28
6. CONCLUSÃO.....	28
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização da area experimental.	17
Figura 2- Dados de precipitação pluvial (mm) e temperatura máxima e mínima (°C), registrados para a microrregião de Chapadinha, entre os meses de janeiro e abril de 2021.	17
Figura 3A- Semeadora modelo, Jumil 8080PD 33LS.	18
Figura 3B- Semeadora modelo, John Deere DB50 ExactEmerge.	18
Figura 4- Croqui do delineamento experimental.	19
Figura 5- Aferição de medidas para distribuição longitudinal.	20
Figura 6- Aferição das profundidades de deposição das sementes no suco de plantio.	20
Figura 7- Cartas de controle para profundidade de sementes nas velocidade de 5 km.h ⁻¹ , 6 km.h ⁻¹ e 7km.h ⁻¹ , da semeadora mecânica (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média).	21
Figura 8- Cartas de controle para profundidade de sementes nas velocidade de 8 km.h ⁻¹ , 10 km.h ⁻¹ e 12 km.h ⁻¹ , da semeadora pneumática (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média).	21
Figura 9-Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes aceitáveis nas velocidade de 5 km.h ⁻¹ , 6 km.h ⁻¹ e 7 km.h ⁻¹ , da semeadora mecânica (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média).	24
Figura 10- Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes aceitáveis nas velocidade de 8 km.h ⁻¹ , 10 km.h ⁻¹ e 12 km.h ⁻¹ , da semeadora pneumática (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média).	23
Figura 11- Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes duplas nas velocidade de 5 km.h ⁻¹ , 6 km.h ⁻¹ e 7 km.h ⁻¹ , da semeadora mecânica (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média).	25
Figura 12- Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes duplas nas velocidade de 8 km.h ⁻¹ , 10 km.h ⁻¹ e 12 km.h ⁻¹ , da semeadora pneumática (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média).	25
Figura 13- Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes falhas nas velocidades de 5 km.h ⁻¹ , 6 km.h ⁻¹ e 7 km.h ⁻¹ , da semeadora mecânica (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média).	26
Figura 14- Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes falhas nas velocidade de 8 km.h ⁻¹ , 10 km.h ⁻¹ e 12 km.h ⁻¹ , da semeadora pneumática (UCL –	

limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média). 27

Figura 15- Cartas de controle para estande de sementes em 2 metros lineares nas velocidades de 5 km.h⁻¹, 6 km.h⁻¹ e 7 km.h⁻¹, da semeadora mecânica (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média). 27

Figura 16- Cartas de controle para estande de sementes em 2 metros lineares nas velocidades de 8 km.h⁻¹, 10 km.h⁻¹ e 12 km.h⁻¹, da semeadora pneumática (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média). 28

RESUMO

Para que a cultura da soja tenha um bom desenvolvimento no campo, diversos agentes influenciam, dentre estes, a velocidade de semeadura. Assim, a escolha adequada dos estandes e a uniformidade na distribuição de sementes são apontadas como variáveis que exercem grande influência sob a produtividade. Objetivou-se avaliar a qualidade de semeadura da cultura da soja em função de diferentes velocidades e sistema de distribuição. O delineamento experimental foi em faixas, cujos tratamentos consistiram em três velocidades de deslocamento para cada conjunto trator-semeadora, assim distribuídos: dosador mecânico (5 km/h, 6 km/h e 7 km/h) e dosador pneumático a vácuo (8 km/h, 10 km/h e 12 km/h). Os dados foram analisados pelo método de controle estatístico de processo (CEP), com a elaboração de cartas de controle de valores individuais e amplitude. Conclui-se que nas condições em que o experimento foi conduzido, as semeadoras JM 8080 e DB ExactEmerge™ apresentaram resultados aceitáveis. A semeadora mecânica JM 8080 obteve melhor performance a 5 km/h⁻¹, ao passo que a semeadora pneumática DB ExactEmerge™, sob 12 km/h⁻¹.

Palavras-chave: Controle estatístico de processo. Performance. Plantabilidade. Pneumático. Semeadora.

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas que mais cresceu nos últimos anos no setor agrícola, cujo incremento em produtividade está atrelado ao desenvolvimento de tecnologias, manejo e efetividade dos produtores. O grão é largamente utilizado na indústria alimentícia e fabricação de ração animal (SANTOS et al., 2017).

Para que a cultura da soja tenha um bom desenvolvimento no campo, diversos agentes influenciam, dentre estes, a velocidade de semeadura que afeta diretamente na distribuição longitudinal e transversal de sementes. De acordo com Naves et al. (2000), o incremento da velocidade do conjunto trator-semeadora afeta diretamente o estabelecimento da cultura do campo, provocando aumento da quantidade de espaçamentos falhos e duplos, e redução de espaçamentos aceitáveis.

Desse modo, a desuniformidade de distribuição das sementes está relacionada com a velocidade de operação da semeadora adubadora, uma vez que essa é responsável pela vibração do tubo condutor fazendo com que haja aumento de velocidade de modo que ocorra o repique da semente em seu trajeto até o solo (SILVA, et al. 2000).

Nos campos de soja existem fatores que incidem negativamente no processo de distribuição longitudinal, dentre esses, a ineficiente velocidade de deslocamento das semeadoras-adubadoras, que compromete os estandes com plantas desuniformes, ou seja, plantas com maior altura, menor ramificação e propensão a tombamento, desencadeando redução na produtividade (CASTELA JÚNIOR, 2014).

Assim, a escolha adequada dos estandes e a uniformidade na distribuição das sementes exercem grande influência sobre a produtividade (REYNALDO, 2016). De acordo com Bottega (2014), a uniformidade na distribuição de adubos e sementes é essencial para que haja uma operação de semeadura eficiente e, desse modo, obter estande adequado de plantas.

São disponibilizados diversos mecanismos dosadores de sementes no mercado, sendo mais comuns os modelos de dosadores pneumáticos e mecânicos (esses ficam em posição de modo que a semente precisa percorrer uma distância em queda livre no interior do tubo condutor para que chegue ao solo, fazendo com que haja alterações na uniformidade de espaçamento no sulco de semeadora).

De acordo com Mialhe (2012), as semeadoras de precisão mais utilizadas no Brasil são as que possuem sistema dosador com discos pneumáticos ou a vácuo. A

escolha do dosador tem incidência direta sob a qualidade de distribuição das sementes e germinação, podendo incorrer em danos mecânicos (SIQUEIRA 2008). De acordo com Vieira et al. (2002), dois produtos nunca serão iguais em vista da variabilidade de produção, essa peculiaridade leva à definição de qualidade. Desse modo, a qualidade pode ser compreendida como diminuição da variabilidade e pode ser analisada por meio do Controle Estatístico de Processo (CEP).

Diante do exposto, levanta-se duas hipóteses se: a velocidade de deslocamento do conjunto trato-semeadora afeta a qualidade da operação e se o modelo do sistema de distribuição de sementes influencia os indicadores de qualidade de distribuição longitudinal e transversal sementes, objetivando-se por meio desse trabalho avaliar a qualidade da operação de semeadura em função do tipo de sistema de distribuição e velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora para duas máquinas distintas, parâmetros esses analisados em condições de semeadura em lavoura comercial, em vista, que a região em que o experimento foi conduzido é uma fronteira agrícola em expansão, onde pesquisas no ramo da agricultura de precisão são escassas e fomentam o desenvolvimento da mesma.

2. OBJETIVOS

2.1.Objetivo geral

Avaliar a qualidade de semeadura em função de diferentes velocidades de deslocamento e sistemas de distribuição de sementes.

2.2.Objetivos específicos

- Avaliar a performance de distribuição longitudinal e transversal de sementes, sob diferentes velocidades de deslocamento.
- Analisar a performance de distribuição longitudinal e transversal de sementes, sob diferentes sistemas dosadores de sementes.
- Recomendar as melhores velocidades para cada sistema dosador, nas condições da fronteira agrícola em expansão, Leste Maranhense.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1.Semeadura mecanizada

A substituição de métodos artesanais de produção agrícola para uma produção mecanizada iniciou-se durante a revolução industrial a partir da segunda metade do século XVIII quando a mecanização foi gradualmente tomando espaço no setor agrário. Com isso, a produção de alimentos que era em pequena escala, tornou-se visivelmente maior, melhorando a capacidade do campo de suprir a necessidade de subsistência (PINHEIRO, 2022). De acordo com Carpanezzi (2018) a contar dessa revolução, novas tecnologias foram sendo desenvolvidas e incrementadas a fim de garantir qualidade e maior produção no campo nas máquinas agrícolas até chegar ao atual patamar de excelência, com alto desempenho e elevado grau de automação.

Até 1970, segundo Carpanezzi (2018) o sistema de cultivo mais adotado era o convencional adotando manejos bem tradicionais, mas, houve a necessidade de continuar evoluindo, e os tratores e semeadoras acompanharam a revolução. Com isso, adiante nessa época surgiu o plantio direto e esse sistema fez com que as semeadoras tivessem de ser mais pesadas e eficientes no processo de abrir o sulco no solo, distribuir as sementes e o adubo e fechá-lo em seguida.

Semeadora é a designação dada às máquinas que têm por determinado fim colocar no solo os grãos utilizados para a instalação de culturas, ou seja, as sementes. O termo semeadora-adubadora é utilizado para aquelas máquinas que tem por função dosar e colocar no solo semente e fertilizante, numa mesma operação, com a necessidade destes insumos serem depositados em profundidades corretas, fazendo o fechamento do sulco e compactação adequados (COELHO, 1996). De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1994), as semeadoras são classificadas quanto a forma de distribuição de sementes, onde podem ser de precisão com seus dosadores por gravidade (de disco horizontal) e a vácuo (disco vertical).

Segundo Carpanezzi et al. (2018) a qualidade da semeadura pode interferir diretamente na safra, para obter-se um bom resultado nesse processo a mecanização apresenta um papel fundamental e relevante na semeadura, a partir da implantação de tecnologia no plantio de culturas de grãos era capaz de economizar a quantidade de sementes utilizada e elevar a produtividade da colheita por hectare.

Conforme Pinheiro (2022) menciona, após definido todo o planejamento da safra, as próximas etapas da semeadura estão ligadas à operacionalidade no campo, destacando-

se a profundidade, densidade e espaçamento de semeadura, tais operações podem ser realizadas com o auxílio da semeadura mecanização no campo. A correta profundidade de semeadura visa maximizar o contato da semente com a umidade do solo, logo, dependerá da temperatura, umidade e tipo do solo, além de reduzir a competição entre as plantas semeadas.

3.2. Fatores que influenciam a semeadura

A profundidade na qual a semente se encontra no solo é um fator importante que vai influenciar na sua germinação e emergência. O solo, além de constituir uma barreira à penetração da luz, exerce também um efeito de impedimento físico ao crescimento da plântula até que esta atinja a superfície do solo e deixe de depender das reservas dos cotilédones.(TOLEDO; KUVAI; ALVES, 1993). Vários fatores afetam a operação de semeadura, podendo estes estar relacionados à semente, ao solo, à máquina, ao clima e ao operador. Com relação ao material propagativo, merecem destaque, a quantidade, a uniformidade de distribuição, a profundidade de colocação e a cobertura das sementes. Já a influência da máquina se dá pelo tipo de mecanismo dosador e sua forma de acionamento, pelo tipo de sulcador e pelo tipo de mecanismo de cobertura da semente (BALASTREIRE, 1987).

Atualmente os mecanismos dosadores de precisão podem ser divididos em dois grupos: disco horizontal alveolado (mecânicos) e dosador-apanhador com auxílio pneumático, comumente intitulado apenas por pneumático (MIALHE et al., 2012).

Os sistemas dosadores de semente, compreendidos por mecanismo de acionamento e dosador, são responsáveis por conduzir as sementes do reservatório ao solo segundo a densidade de semeadura preestabelecida, sendo entendido como órgão mais importante da semeadora de precisão. Neste sentido, os sistemas, operando em diferentes velocidades, podem afetar a precisão e qualidade de semeadura e regularidade de distribuição de sementes, podendo prejudicar a produtividade final da cultura. (DAMASCENO, 2017)

Os equipamentos dosadores de sementes e fertilizantes na maioria são acionados pelo rodado, que também é responsável pelo deslocamento do conjunto. A eficiência desses mecanismos tem relação direta com as condições de contato rodado-solo, principalmente quando se fala em patinagem do rodado, e velocidade operacional do conjunto trator-semeadora. A velocidade operacional ideal de semeadura é aquela em que o sulco abre e fecha sem remover exageradamente o solo e que permite a distribuição das

sementes com espaçamento e profundidades constantes (FIALHO; MOURA; DELMOND, 2007).

A semeadura em campo é uma das etapas que exige maior perfeição na sua execução, principalmente quando feito sobre restos vegetais das culturas anteriores. Neste processo, definido como semeadura direta, a adequada distribuição longitudinal das sementes no solo aliada à correta profundidade de deposição das mesmas, contribuirá significativamente para se obter um estande uniforme (ALMEIDA et al., 2010). Segundo Reynaldo et al. (2015), para realizar uma semeadura com resultados satisfatórios, tanto em relação à regularidade de espaçamento entre sementes quanto adequadas profundidades de deposição das sementes no sulco de semeadura, deve-se respeitar os limites de velocidade recomendada, as condições de umidade do solo, fazer a regulagem do mecanismo dosador em função das características de tamanho e formato da semente adquirida e, realizar a regulagem e verificar o estado dos mecanismos de abertura de sulco, limitador de profundidade e fechamento do sulco. As operações mecanizadas, quando realizadas com equipamentos de arrasto, podem favorecer maiores erros de paralelismo, devido à maior distância entre o conjunto trator-equipamento e associadas com a declividade do terreno e/ou percursos curvos, esses erros tornam-se mais acentuados. Além desses fatores as regulagens do equipamento também podem proporcionar maior deslocamento lateral do conjunto. Dessa forma, medir esses erros de paralelismo em diferentes configurações do equipamento e em intensidades de curvatura, pode ser um dos primeiros passos para propor melhorias nos processos mecanizados.(NICOLAU, 2020)

3.3. Controle estatístico de processos

O controle estatístico de processo (CEP) é uma das ferramentas que permitem a melhoria da qualidade e produtividade em diversos processos. Werkema (2006), afirma que o CEP está diretamente relacionado à melhoria contínua do processo por meio da utilização da estatística. O objetivo geral do controle estatístico de processo é garantir a estabilidade e a melhoria nos processos. Para Montgomery (2004), quando o CEP é bem implementado, proporciona melhorias na produtividade, confiabilidade e qualidade dos resultados da produção e nos processos.

Os aspectos que possibilitam ao CEP buscar a melhoria de um processo são os gráficos de controle, capacidade do processo, sistema de medição e inspeção por

amostragem. De acordo com Galuch (2002) os gráficos de controle são fundamentais para a análise da qualidade pelo CEP e são aplicados com a finalidade de detectar variações e a frequência com que elas ocorrem no processo produtivo. Paladini (2008) argumentou que os gráficos verificam se o processo está ou não sob controle e se ele permanecerá dessa forma por certo período de tempo.

Para analisar a estabilidade do controle estatístico de processo, de acordo com Toledo et al. (2013), é necessário que os dados sigam uma distribuição normal e confiável. Eles afirmaram que devem ser verificadas algumas condições, que são elas:

- Ausência de pontos acima ou abaixo de 3 desvios- padrão da média;
- A maioria dos pontos devem estar próximos da linha média, aproximadamente 68% dos pontos devem estar num intervalo de ± 1 desvio- padrão;
- Cerca de 95% devem estar dispostos num intervalo de ± 2 desvios-padrão da média;
- A probabilidade de 7 pontos consecutivos estarem acima ou abaixo da linha média é de 0,78%, devido à inexistência de tendências;
- Os pontos são distribuídos em uma sequência temporal aproximada, acima ou abaixo da média;
- Não existem oscilações cíclicas em relação à distribuição temporal dos dados. O mesmo autor ainda apresenta situações que indicam que o processo se encontra fora de controle: um ou mais pontos fora dos limites de controle;
- Sequência de seis pontos ou mais, acima ou abaixo da linha média; Sequência de sete pontos ou mais, aumentando ou diminuindo;
- Quatro pontos de cinco consecutivos, acima ou abaixo da linha média e fora do intervalo ± 1 desvio- padrão da linha central;
- Dois pontos de três consecutivos, acima ou abaixo da linha média e fora do intervalo ± 2 desvios- padrão da linha central;
- Distribuição de vários pontos próximos da linha central, até 1,5 desvios-padrão, que apresentem variabilidade menor do que a esperada. O que pode ser causado por erros nos cálculos dos limites de controle, ou da formação inadequada de subgrupos;
- Oscilações cíclicas;
- 10 de 11, 12 de 14, 14 de 17, 17 de 20 pontos consecutivos do mesmo lado da linha média.

A utilização do Controle Estatístico de Processo é fundamental para que o número de defeitos no método de controle seja reduzido e até sanado. É importante que operadores de máquinas sejam treinados para que haja uma diminuição de falhas, para que os processos de semeadura entre outros processos agrícolas possam gerar bons resultados, alta produtividade e manter a qualidade (Hessler, 2008). Através da análise dos gráficos, podemos notar se os processos avaliados estão ou não de acordo com o processo ideal.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área experimental

O presente estudo foi conduzido na safra 2020/2021 sob condições de campo, em lavoura comercial, localizada no município de Buriti, que está situado sob as coordenadas geográficas latitude de 3° 56' 34"S e longitude 42° 55' 36"W e altitude de 103 m (Figura 1), na mesorregião Leste Maranhense, estado do Maranhão, Brasil.

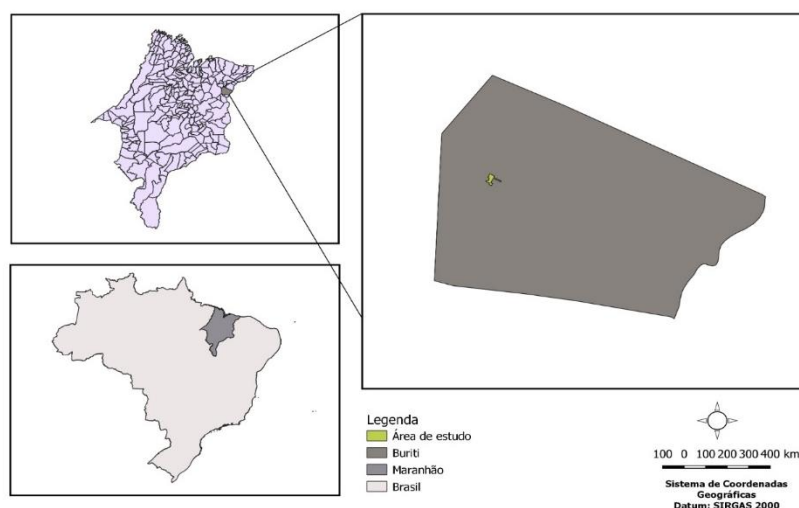


Figura 1- Localização da area experimental.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região se enquadra como subúmido chuvoso e seco (Aw), com temperatura média anual de 27°C e precipitação de 1.480 mm. Os dados de precipitação pluviométrica, temperatura máxima e temperatura mínima durante os meses de realização do experimento estão expressos na Figura 2, de acordo com Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021).

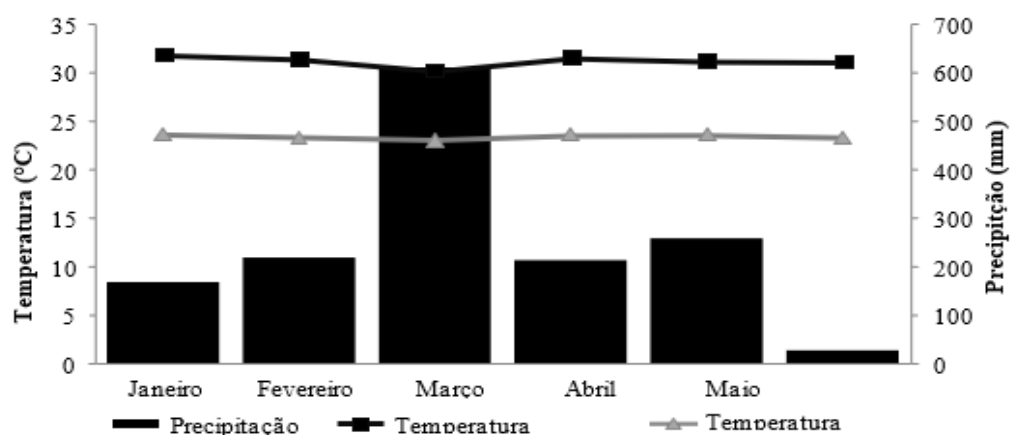


Figura 2- Dados de precipitação pluvial (mm) e temperatura máxima e mínima (°C), registrados para a microrregião de Chapadinha, entre os meses de janeiro e maio de 2021.

4.2. Descrição de equipamentos e procedimentos

A semeadura foi realizada em 31/01/2021, através de duas semeadoras. A primeira apresentava sistema dosador mecânico, modelo Jumil 8080PD 33LS, ao passo que a segunda, sistema dosador pneumático, modelo John Deere DB50 ExactEmerge. Ambas foram reguladas para uma taxa de semeadura de 13 sementes por metro linear e profundidade de deposição de sementes entre 3,0 e 1,0 centímetros, respectivamente (Figura 3A E 3B).



Figura 3A- Semeadora modelo, Jumil 8080PD 33LS. Fonte: Autor.



Figura 3B- Semeadora modelo, John Deere DB50 ExactEmerge. Fonte: Autor.

A semeadora Jumil 8080PD 33LS possuía distribuidor de sementes do tipo mecânico e 33 linhas de semeadura, espaçadas em 0,50 m, com mecanismos sulcadores para adubos e discos duplos para sementes. A John Deere DB50 ExactEmerge apresentava distribuição pneumática de 27 linhas com 0,50 m de espaçamento e discos de corte de 1 polegada (para a soja, cada disco possui de 36 a 108 furos). A cultivar de soja utilizada foi a PP20RR das Sementes Pampeana.

4.3. Delineamento experimental e análise estatística.

O experimento foi conduzido em esquema de faixas, com 9 repetições, totalizando 702 pontos por tratamento. Os tratamentos consistiram em três velocidades de deslocamento para cada conjunto de trator-semeadora, dispostos da seguinte forma: semeadora mecânica (5 km.h⁻¹, 6 km.h⁻¹ e 7 km.h⁻¹) e semeadora pneumática (8 km.h⁻¹, 10 km.h⁻¹ e 12 km.h⁻¹), velocidades diferentes, pois o intuito do trabalho é realizar uma recomendação de velocidade que apresente a maior eficiência para cada sistema de dosador e não comparar os mesmo. A área expemintal abrangeu 162 m² e foi dividida em duas porções (semeadora 1 e semeadora 2), cada uma com extensão de 81 m², seguindo as premissas do controle estatístico de processo (CEP), com avaliação dos tratamentos em função do tempo e espaço (Figura 4).



Figura 4- Croqui experimental com a disposição dos tratamentos analisados. Fonte: Autor.

A qualidade operacional foi analisada com ferramentas do controle estatístico de qualidade (CEQ), com cartas de contole de valores individuais, usada para controle de qualidade em diferentes etapas no processo, calculada com base nas formulas a baixo.

$$LSC = \bar{X} + 3\sigma \quad (1)$$

$$LIC = \bar{X} - 3\sigma \quad (2)$$

Em que,

LSC = limite superior de controle;

$\bar{X}$ = média geral da variável;

σ = desvio-padrão;

LIC = limite inferior de controle.

4.4. Indicadores de qualidade

4.4.1. Distribuição longitudinal e transversal

Foi analisada pela abertura manual na extensão de 2 metros lineares, em 3 sulcos de plantio, posicionados estrategicamente em três linhas centrais de cada repetição, com intuito de aferir a posição de deposição das sementes e, desta forma, estimar distribuição longitudinal e transversal.

A distância longitudinal entre sementes foi mensurada com auxílio de trena graduada, cujos espaçamentos entre sementes (X_i) foram avaliados conforme metodologia proposta por Kurachi et al. (1989), em que os percentuais relacionados aos espaçamentos correspondentes às classes distribuição longitudinal aceitável ($3,85 X_{ref} < X_i < 11,55 X_{ref}$), distribuição longitudinal dupla ($X_i < 3,85 X_{ref}$) e distribuição longitudinal falha ($X_i > 11,55 X_{ref}$), baseando-se em um espaçamento de referência (X_{ref}) de acordo com a regulação da semeadora (Figura 5).



Figura 5 - Aferição da distribuição longitudinal de sementes no sulco. Fonte: Autor

No tocante à distribuição transversal (profundidade), foi aferida pela distância entre o nível do solo e profundidade da semente no sulco. Para isso, foi disposta uma régua na posição horizontal (nível do solo) e outra na vertical (profundidade da semente em relação ao nível do solo), visando maior precisão experimental (Figura 6).



Figura 6- Aferição da distribuição transversal de sementes no sulco. Fonte: Autor.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Qualidade do processo de semeadura quanto à profundidade de sementes, para diferentes sistemas de distribuição e velocidades de deslocamento.

Constatou-se que ambas as semeadoras apresentaram instabilidade em seus processos, sendo assim, recomendável verificar os processos individualmente, para identificação do que pode ter gerado essas alterações na semeadura.

A figura 7 apresenta os resultados das cartas de controle para a semeadora com distribuição mecânica em três diferentes velocidades de deslocamentos (5 km/h, 6 km/h e 7 km/h).

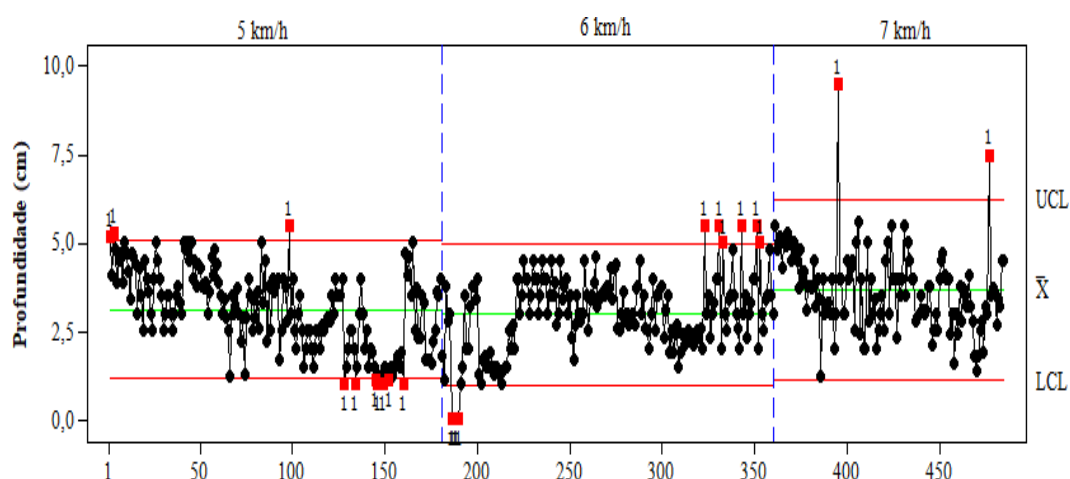


Figura 7- Cartas de controle para profundidade de sementes nas velocidade de 5 km.h⁻¹, 6 km.h⁻¹ e 7km.h⁻¹, da semeadora mecânica (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média).

As variações observadas através das cartas de controle mostraram que o aumento de velocidade interferiu negativamente na qualidade da operação do sistema de distribuição mecânico. Quando submetida a 7 km/h, a quantidade de pontos distantes

da média aumentaram expressivamente, consequentemente, alcançando maior variabilidade em comparação às demais velocidades de semeadura (Figura 8).

De acordo com Toletto (2008), um processo instável apresenta além da variação devido a causas comuns, intrínseco a toda operação, as causas especiais. Essas devem ser observadas e retificadas para garantir a estabilidade, como as que geram variabilidade, devido a fatores do chamado “6 Ms” (mão-de-obra, meio ambiente, máquina, método, medição e matéria-prima).

Para profundidade, as velocidades de 5 km/h⁻¹ e 6 km/h⁻¹ apresentaram melhores performances, conforme a regulagem de 3 cm, estabelecida pela fazenda. Estes resultados corroboraram com Fonseca et al. (2021), os quais afirmaram que o incremento de velocidade interfere negativamente na variação dos parâmetros de qualidade para dosadores mecânicos.

A Figura 8 apresenta a análise em cartas de controle para uma semadora com o sistema de distribuição pneumático ou a vácuo em três velocidades de deslocamento (8 km/h⁻¹, 10 km/h⁻¹ e 12 km/h⁻¹).

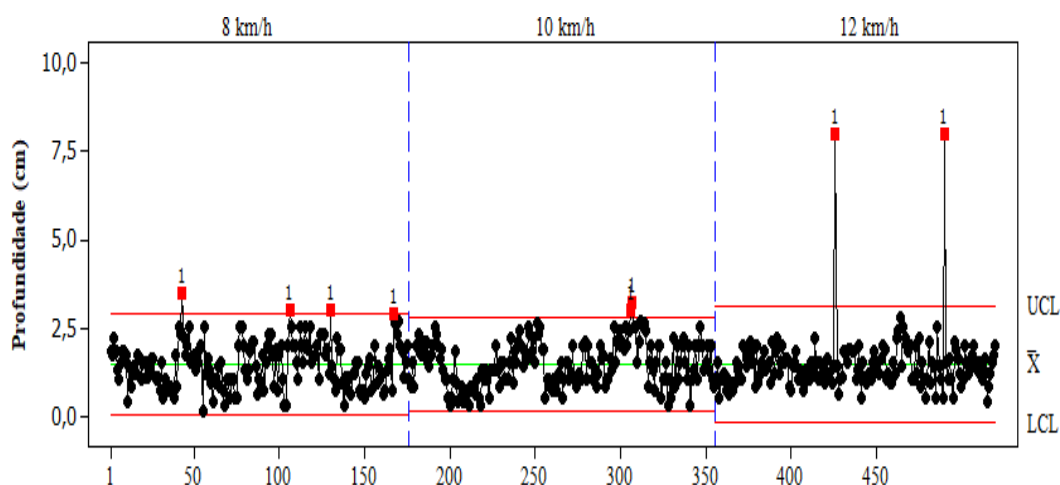


Figura 8- Cartas de controle para profundidade de sementes nas velocidade de 8 km.h⁻¹, 10 km.h⁻¹ e 12 km.h⁻¹, da semeadora pneumática (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média).

Apesar das instabilidades dos pontos encontrados nos tratamentos para o sistema de distribuição pneumático (Figura 8), o processo se mostrou mais eficiente, pois independentemente das velocidades utilizadas, a distribuição transversal exibiu mais pontos próximos à média. Embora a velocidade de 12 km/h⁻¹ tenha indicado dois pontos que supostamente atingiram uma profundidade de 7 cm, a variabilidade e a maioria dos pontos próximos a média apontam a assertividade na operação, resultando em profundidades dentro da regulagem pretendida (1 centímetro), o que acusa também,

que as velocidades de 8 km/h⁻¹ e 10 km/h⁻¹ estão dentro do padrão aceitável.

Assim, os pontos fora de padrão podem ter sido causados por erros na regulagem da máquina, execução do operador e/ou fatores ambientais. Segundo Cortelini et al. (2022), a averiguação destas causas é muito importante, pois a redução da emergência de plântulas pode estar diretamente relacionada com a profundidade de semeadura, uma vez que a camada de solo com maior espessura traz maior gasto energético para formação de estruturas não essenciais para a planta, como o alongamento do hipocótilo, para superar a resistência do solo, afetando negativamente o estabelecimento inicial do estande, a habilidade competitiva e o potencial produtivo da soja.

5.2. Qualidade do processo de semeadura quanto à distância longitudinal das sementes para diferentes sistemas de distribuição e velocidade de deslocamento.

5.2.1. Aceitáveis

A Figura 9 apresenta as cartas de controle da distribuição longitudinal das sementes aceitáveis para o sistema de distribuição mecânico nas velocidades de deslocamento de 5 km.h⁻¹, 6 km.h⁻¹ e 7 km.h⁻¹.

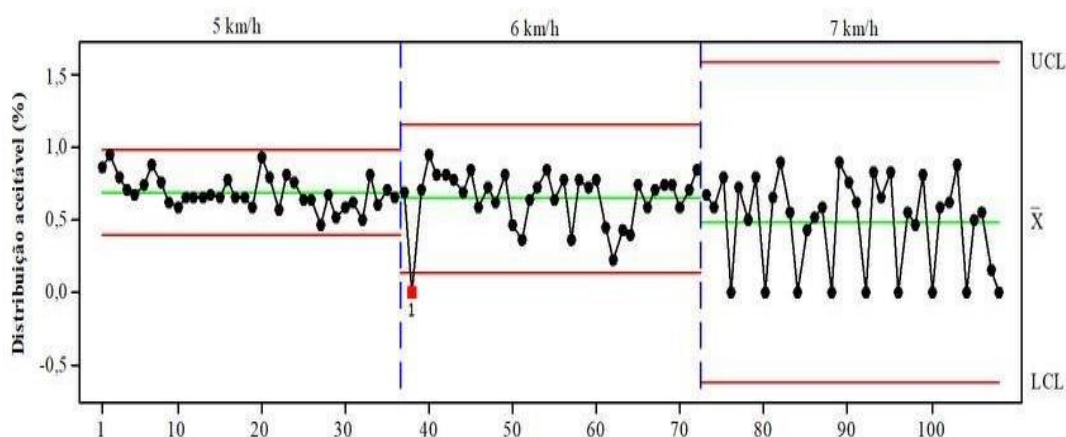


Figura 9- Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes aceitáveis nas velocidades de 5 km.h⁻¹, 6 km.h⁻¹ e 7 km.h⁻¹, da semeadora mecânica (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média).

A semeadora mecânica apresenta uma redução do valor de sementes aceitáveis com o aumento da velocidade, ficando mais evidente na velocidade na maior velocidade, resultado que corroborou com as observações de Bortoli et al. (2021), apresentando pontos fora de controle quando submetida a maiores velocidades operacionais, como a 6 km/h⁻¹ e 7km/h⁻¹.

A Figura 10 mostra a carta de controle para as sementes aceitáveis para a semeadora com o sistema de distribuição aceitáveis nas velocidade de deslocamento de 8 km.h⁻¹, 10 km.h⁻¹ e 12 km.h⁻¹. Constatou-se uniformidade de distribuição longitudinal, em termos de espaçamentos aceitáveis, até a velocidade de 12 km/h⁻¹.

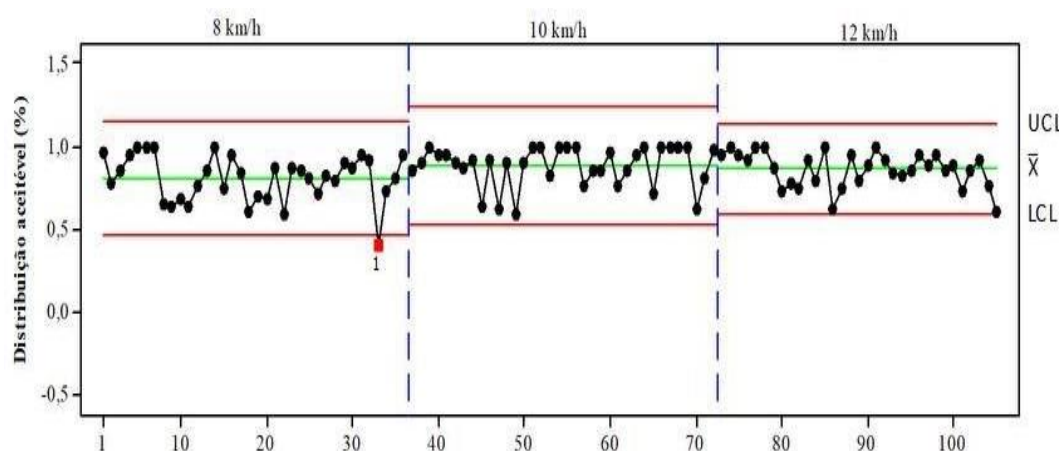


Figura 10- Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes aceitáveis nas velocidade de 8 km.h⁻¹, 10 km.h⁻¹ e 12 km.h⁻¹, da semeadora pneumática (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média).

De forma antagônica, no modelo pneumático, a maior velocidade (12 km/h⁻¹) apresentou melhor desempenho na deposição de sementes com espaçamentos aceitáveis, pois mesmo com o incremento de velocidade houve maior quantidade de pontos ajustados à média, indicando bons resultados no processo de semeadura da soja.

Isto corrobora com os resultados encontrados por Coelho (1996), que descreveu as semeadoras pneumáticas com 90% de espaçamentos aceitáveis na operação de semeadura, o que acarreta em aumento da eficiência operacional e capacidade efetiva de trabalho. Além disso, possibilita a expansão das áreas de plantio, proporciona melhores produtividades e permite cumprir ao cronograma de operações em um tempo hábil (OLIVEIRA et. al., 2009). O que é muito importante em fronteiras agrícolas com reduzida janela de semeadura, como o Leste Maranhense, conforme salientado por Silva et al. (2019).

5.2.2. Duplas

Para semeadora mecânica, o acréscimo de velocidade culminou em progressiva instabilidade operacional, com pontos fora de controle na velocidade de 7 km/h⁻¹ (Figura 11). Em consonância com Lima (2021), o qual referenciou que em sistemas de distribuição mecânicos, as maiores velocidades estão associadas ao incremento da variação, em termos de distribuição transversal e longitudinal de sementes no sulco.

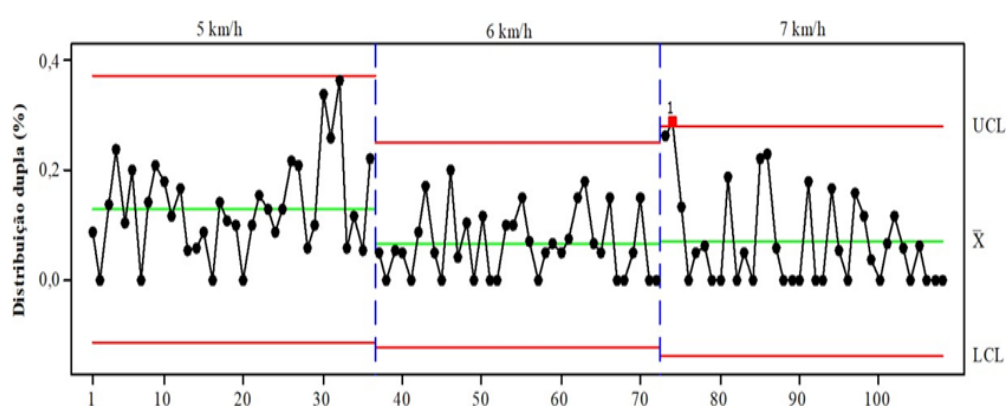


Figura 11- Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes duplas nas velocidades de 5 km.h⁻¹, 6 km.h⁻¹ e 7 km.h⁻¹, da semeadora mecânica (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média).

A Figura 12 apresenta a porcentagem de sementes duplas do sistema pneumático em diferentes velocidades de deslocamento. Todas velocidades apresentaram baixa porcentagem de sementes duplas e boa estabilidade.

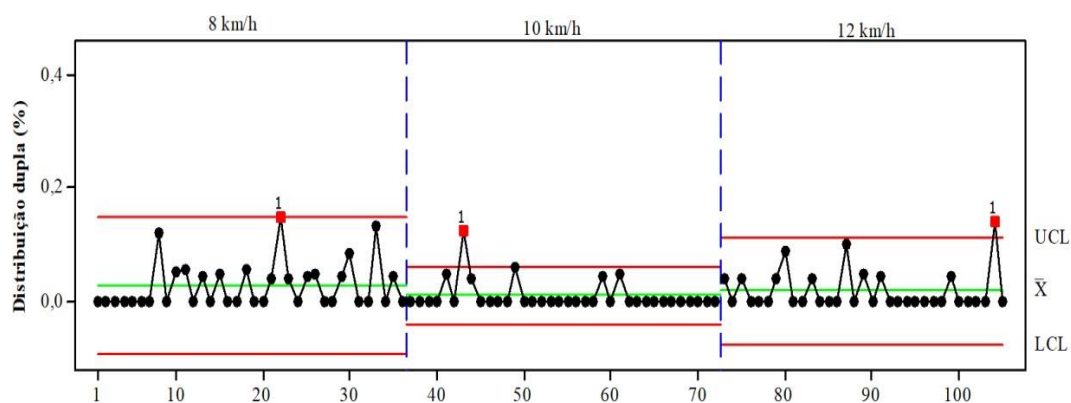


Figura 12- Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes duplas nas velocidades de 8 km.h⁻¹, 10 km.h⁻¹ e 12 km.h⁻¹, da semeadora pneumática (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média).

Para semeadora pneumática observou-se constatações inversas, ou seja, o acréscimo de velocidade propiciou maior estabilidade na distribuição longitudinal,

inclusive, com vários valores nulos devido à inexistência de sementes duplas (Figura 12). Assim, a velocidade de 12 km/h⁻¹ apresentou melhor desempenho, o que pode estar associado à tecnologia Exact Emerge, que é dotada de escova transportadora Brushbelt no tubo dosador. Esta trabalha na mesma velocidade que o conjunto trator-semeadora, evitando assim a queda livre de sementes e alocando-as uniformemente no sulco de semeadura.

5.2.3. Falhas

As duas semeadoras apresentaram pontos fora de controle, em termos de espaçamentos falhos. Para a semeadora mecânica, a instabilidade aumentou quando submetida a maior velocidade operacional, 7 km.h⁻¹ (Figura 13). O que pode indicar a necessidade de regulagens mais adequadas para uso desta velocidade em situações emergenciais da janela de semeadura. Caso contrário, o aumento da velocidade não é recomendado por afetar negativamente a qualidade de semeadura e, possivelmente, o estande e rendimento da cultura da soja.

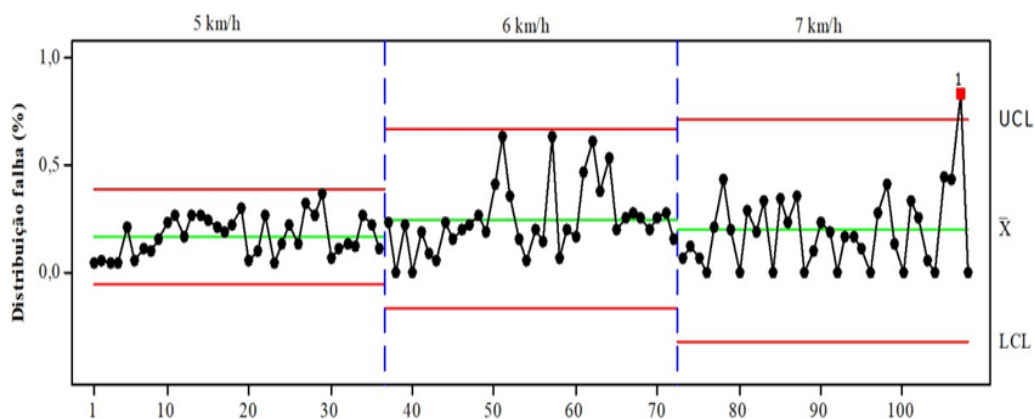


Figura 13- Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes falhas nas velocidades de 5 km.h⁻¹, 6 km.h⁻¹ e 7 km.h⁻¹, da semeadora mecânica (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média).

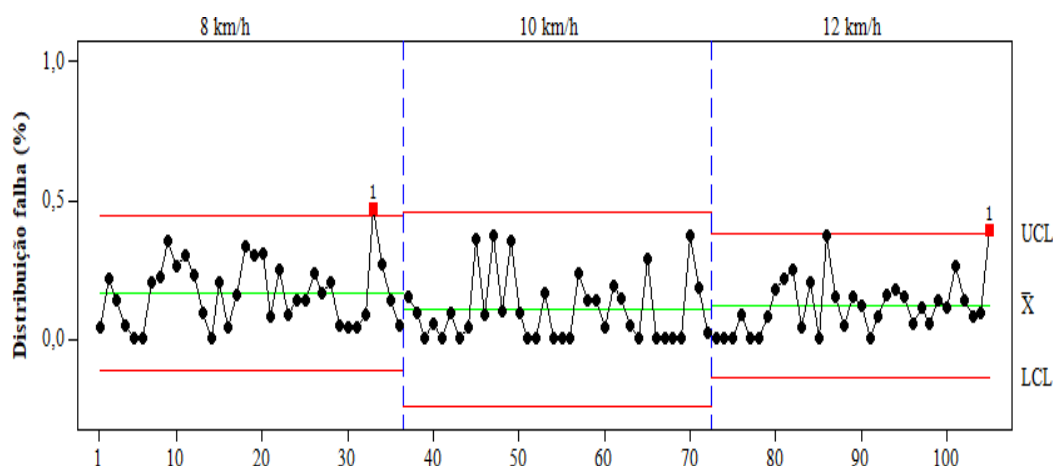


Figura 14- Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes falhas nas velocidade de 8 km.h⁻¹, 10 km.h⁻¹ e 12 km.h⁻¹, da semeadora pneumática (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média).

Teoricamente o sistema mecânico leva desvantagem quanto ao pneumático devido condições adversas, como curvas, declividades diferentes e, principalmente velocidades elevadas, isso acontece devido ao tempo de permanência da semente no alvéolo que é menor e a velocidade tangencial do disco para a deposição de sementes deve ser constante para evitar essa condição (Damasceno, 2017).

Analizando o desempenho da semeadora pneumática para sementes falhas, nota-se que mesmo apresentando dois pontos fora de controle nas velocidades de 8 km/h⁻¹ e 12 km/h⁻¹, a semeadora mostrou melhores resultados, isto porque quanto mais se aumenta a velocidade, menor variabilidade é encontrada e menos pontos acima da média são vistos. Entretanto, é recomendável uma apuração para entender o que pode ter causado essa instabilidade no processo de semeadura sob as velocidades mencionadas.

5.2.4. Estande de sementes

Para indicativo de qualidade na semeadura por quantidade de sementes por metro linear, verificou-se que a semeadora mecânica apresentou instabilidade em praticamente todas as velocidades utilizadas, frente à deposição de sementes prevista (26 sementes em 2 metros lineares ou 13 sementes por metro linear) (Figura 15).

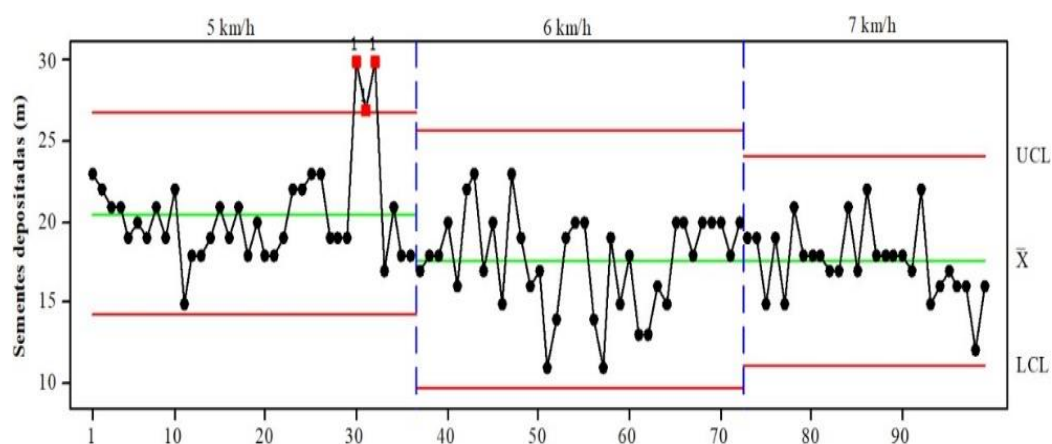


Figura 15- Cartas de controle para estande de sementes em 2 metros lineares nas velocidade de 5 km.h⁻¹, 6 km.h⁻¹ e 7 km.h⁻¹, da semeadora mecânica (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média).

Para semeadora pneumática, verificou-se melhor uniformidade na quantidade de sementes depositadas no sulco, não apresentando nenhum ponto fora de controle. Todos os valores se aproximaram da regulagem proposta (13 sementes por metro linear), tendo como melhor resultado a velocidade de 12 km/h, seguida por 10 km/h e 8 km/h, respectivamente, como mostra a Figura 16.

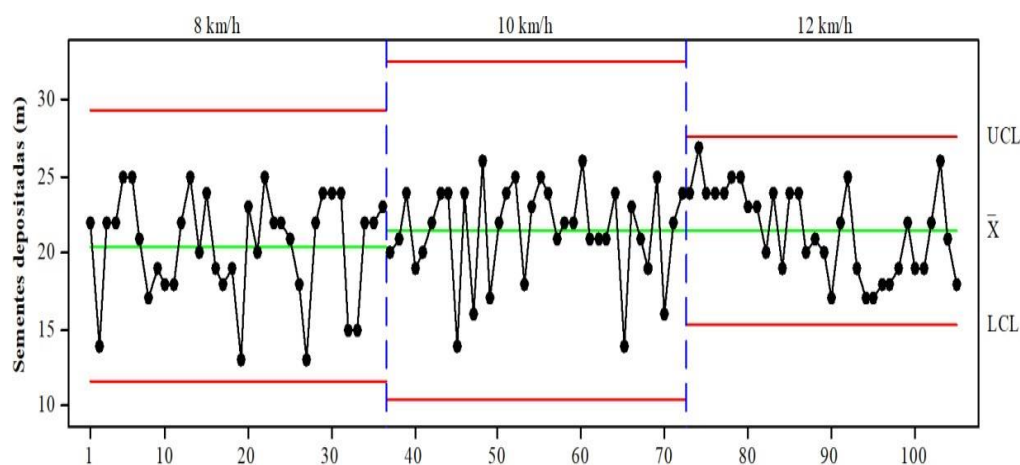


Figura 16- Cartas de controle para estande de sementes em 2 metros lineares nas velocidade de 8 km.h⁻¹, 10 km.h⁻¹ e 12 km.h⁻¹, da semeadora pneumática (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e $\bar{X}$ – média).

Contudo, é importante salientar que ambas as semeadoras apresentaram pontos fora do padrão e mesmo que a cultura da soja apresente alta plasticidade (compensa os espaços vazios com aumento da área foliar), há indicativo de atenção. Pois, conforme salientado por Reinaldo et al. (2016), a ocorrência de falhas operacionais sucessivas, associadas à má distribuição e deposição de sementes, pode prejudicar o rendimento final da cultura da soja.

6. CONCLUSÃO

Nas condições em que o experimento foi conduzido, as semeadoras com sistema mecânico e pneumático apresentaram resultados satisfatórios, em termos de distribuição transversal, longitudinal e deposição de sementes. Para semeadora mecânica há melhor performance a 5 km h^{-1} , ao passo que no modelo pneumático, a 12 km h^{-1} .

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. A. S.; SILVA, C. A.T.; SILVA, S. L. **Desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor.** Agrarian, Dourados, v. 3, n.7, p. 63-70, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT.NBR/9743 - **Semeadora de fluxo contínuo em linha - ensaio de laboratório.** São Paulo: Fórum Nacional de Normalização, 1987. 16 p.
- BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas.** São Paulo: Manole, 1987. 307p.
- CARPANEZZI, L.; LEARDINI, O.; SILVA, C. G. C.; ZANARDI, R. **História e evolução da mecanização.** 2018. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/CxbNYOvf8fSKep0_2018-125-14-45-46.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2022.
- COELHO, I. D Ensalo R certificação das máquinas para semeadura. In: MIALHE, L. G. Máquinas agrícolas: ensalos & certificação. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Lutz de Queiroz, 1996. cap. 11, p. 551-569: Ensalo & certificação das máquinas para semeadura.
- CORTELINI, M. B., PELÚZIO, J. M., AFFÉRI, F. S., & DE SOUZA, C. M. **Profundidade de semeadura na emergência da soja coinoculada com Azospirillum brasilense E Bradyrhizobium japonicum.** DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, v. 9, n. 1, p. 142-155, 2022.
- FONSECA, A. Z. D. **“Efeito da velocidade de semeadura e dose de lubrificante sólido no estabelecimento da cultura do milho”.** O Manancial - Repositório Digital da UFSM, 2021.
- HESSLER C.V., **Aplicação de controle estatístico de processo na empresa “Metasa” como uma ferramenta de competitividade.** 120 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Caxias do Sul, Caxias do Sul.,2008.
- INMET-Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/GraficosAnuais/A001>. Acesso em: 18 de outubro de 2021.
- JUNIOR, Marcos Antonio Castela et al. **Influência da velocidade da semeadora na semeadura direta da soja.** Enciclopédia Biosfera, v. 10, n. 19, 2014.
- KURACHI, S.A.H.; COSTA, J.A.S.; BERNARDI, J.A.; COELHO, J.L.D.; SILVEIRA, G.M. **Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaio e Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho Regularidade de distribuição longitudinal de sementes.** Bragantia, v. 48, n. 2, p. 249-62, 1989.
- LIMA, Douglas et al. **Teste de plantabilidade com diferentes discos alveolados e a influência da velocidade na semeadura da soja.** 2021
- MIALHE, Luiz Geraldo. **Máquinas agrícolas para plantio.** Campinas: Millennium, p. 179, 2012.
- MILAN, M.; FERNANDES, R.A.T. **Qualidade das operações de preparo do solo por controle estatístico de processo.** Scientia Agricola, v.59, p.261-266, 2002.
- MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade.** 4. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2004.
- MONTGOMERY, D. C. **Introdution to Statistical Quatily Control.** 7th edition. Arizona: Wiley, 2012.
- NAVES, Rayan Fernandes et al. **Desempenho agrônômico da soja em diferentes velocidades de semeadura e profundidades de deposição do adubo em plantio direto.** Research, Society and Development, v. 9, n. 11, p. e61491110171-e61491110171, 2020.

NICOLAU, F. **Raios de curvatura , larguras de bitola e comprimentos do cabeçalho influenciam na qualidade do paralelismo ?** Tese (doutorado) apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, p. 1–80, 2020.

OLIVEIRA, L.G.; TAVARES, C.A.; GRIGGIO, A.; DELAI, M.; JUNG, R.; BITENCOURT, R.; SILVA, S.L. **Distribuição longitudinal de sementes de milho em função do tipo de dosador de sementes e velocidade de deslocamento.** Revista Cultivando o Saber, v.2, n.1, p.140-146, 2009.

PALADINI, E.P. **Avaliação estratégica da qualidade.** 3. rev. São Paulo: Atlas, 2008.
PINHEIRO, M. **efeito da velocidade de semeadura na distribuição longitudinal de plantas emergidas e acúmulo de palhada em função do mecanismo de abertura de sulco.** 26 f. Monografia - UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, Uberlândia, 2022.

REYNALDO, É. F. et al. **Avaliação Da Qualidade De Semeadura De Milho E Soja Na Região Centro Sul Do Estado Do Paraná.** Enciclopédia Biosfera, v. 11, n. 22, p. 417–426, 2015.

REYNALDO, É. F., MACHADO, T. M., TAUBINGER, L., & DE QUADROS, D.: **NOTA TÉCNICA:Influência da Velocidade de Deslocamento na Distribuição de Sementes e Produtividade de Soja.** Revista Engenharia na Agricultura-Reveng, v. 24, n. 1, p. 63-67, 2016.

SANTOS, Thiago Donadi et al. **Desenvolvimento inicial de plantas de soja e qualidade de semeadura em função da velocidade de deslocamento da semeadora e textura do solo.** Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science/Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, v. 10, n. 2, 2017.

SILVA, José Geraldo da; KLUTHCOUSKI, João; SILVEIRA, Pedro Marques da. **Desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho sob plantio direto.** Scientia Agrícola, v. 57, p. 7-12, 2000.

SILVA, E. A; SOUZA, J. B. C.; SILVA, C. A. A. C.; OLIVEIRA, J. V.; ALMEIDA, E. I. B.; SOUSA, W. S. **Profundidade de disposição de sementes de milho em função da velocidade de semeadura nas condições do cerrado maranhense.** In: XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2019, Campinas, SP. Anais... Campinas, SP: CONBE, 2019.

SIQUEIRA, RUBENS. **Milho: Semeadoras-adubadoras para sistema plantio direto com qualidade.** In: XXVII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. 2008.

TOLEDO, A. D. **Variabilidade espacial e diagnóstico da qualidade do processo em semeadura de amendoim.** 2008.

TOLEDO, J. C. et al. **Qualidade: gestão e métodos.** Rio de Janeiro: LTC, 2014

TOLEDO, R. E. B.; KUVAI, M. A.; ALVES, P. L. C. A. **Fatores que afetam a germinação e a emergência de Xanthium strumarim L.: dormência, qualidade da luz e profundidade de semeadura.** Planta Daninha, v. 11, n. 1–2, p. 15–20, 1993.